

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET

FRANE MOMIĆ

BRODOVI ZA PRIJEVOZ
KEMIKA LIJA MOREM
(*CHEMICAL TANKERS*)

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

BRODOVI ZA PRIJEVOZ
KEMIKA LIJA MOREM
(*CHEMICAL TANKERS*)

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

Dr. sc. Goran Belamarić, kap.

STUDENT:

Frane Momić (MB: 0171267987)

SPLIT, 2017.

SAŽETAK

Brodovi za prijevoz kemikalija (engl. *Chemical Tankers*) veoma su posebni tipovi brodova zbog njihove kompleksne građe ali i svojstva samih tereta. Tereti koji se najčešće prevoze su eksplozivni, toksični i nagrizajući (korozivni) poput metanola, kaustične sode, octene i sumporne kiseline. Iz tog se razloga mnogo pažnje obraća na tankove tereta i njihovu sposobnost da sačuvaju čistoću i integritet tereta. Slijedom toga brodovi za prijevoz kemikalija su kategorizirani prema opasnosti tereta kojeg prevoze u tri kategorije odnosno tipa broda. Postoje i posebna pravila za gradnju ovakvih tipova brodova, a osnovni su NAS i GESAMP sistem. Budući da se ovim brodovima prevoze opasni tereti, na njima su i posebni sustavi za rukovanje tim teretima, pa su tako posebne i operacije prilikom ukrcaja i iskrcaja, odnosno rukovanje takvim teretom. Za razliku od ostalih vrsta brodova, prije ukrcaja te nakon iskrcaja tereta postoje i određene procedure koje se moraju provoditi u svrhu očuvanja čistoće tankova i samih tereta, ali i u svrhu sigurnosti broda, posade i okoliša. U usporedbi sa ostalim tankerima brodovi za prijevoz kemikalija imaju dosta otežan i opasan posao, a tako se pojavljuju i razni propisi koji se odnose upravo na tu vrstu brodova kako bi se nesmetano, bez ikakvih poteškoća i što je najvažnije, sigurno obavio prijevoz. Ti propisi su obuhvaćeni u najvećem dijelu međunarodnim konvencijama, Međunarodnom konvencijom o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS), Međunarodnom konvencijom o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (MARPOL), ali i Međunarodnim pravilnikom o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju (IBC). Cilj ovog rada je izložiti koliko su zapravo brodovi za prijevoz kemikalija te njihov posao prijevoza takve specijalne vrste tereta posebni te prikazati cijelu složenost operacija i postupaka prilikom obavljanja njihove zadaće.

Ključne riječi: brod, kemikalije, prijevoz, opasni teret, konstrukcija, propisi

ABSTRACT

Chemical tankers are very special type of vessels due to their complex structure and the properties of cargo itself. Most of the cargo carried is explosive, toxic, and corrosive such as methanol, caustic soda, acetic and sulfuric acid. For that reason a lot of attention is paid to cargo tanks and their ability to preserve the purity and integrity of cargo. Accordingly, chemical tankers are categorized according to the danger of the cargo transported in three categories or types of ships. There are also special rules for building this type of ships, and the basic ones are the NAS and GESAMP systems. Since these ships carry dangerous cargoes, there are special cargo handling systems with special operations when loading and unloading, handling such cargo. Unlike other types of ships, before loading and after unloading cargo, there are certain procedures that must be implemented to preserve the purity of tanks and cargoes themselves, but also for the safety of the ship, the crew and the environment. Compared to other tankers, chemical tankers have a very difficult and dangerous job, so there are various regulations that apply to this type of ships in order for the voyage to be conducted without any difficulty and most importantly, safely. These regulations are mainly covered by international conventions, the International convention for the Safety Of Life At Sea (SOLAS), the International convention for the prevention of pollution from ships (MARPOL) and the International Bulk Chemicals Code (IBC). The objective of this article is to show how chemical tankers and their purpose to transport such a special type of cargo is special and to show the whole complexity of operations and procedures in carrying out their purpose.

Key words: *vessel, chemicals, transport, dangerous cargo, construction, regulations*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. MEĐUNARODNI PROPISI KOJI SE ODNOSU NA TANKERE ZA PRIJEVOZ KEMIČALIJA	3
2.1. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O ZAŠTITI LJUDSKIH ŽIVOTA NA MORU (SOLAS).....	3
2.2. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O SPRJEČAVANJU ONEČIŠĆENJA MORA S BRODOVA (MARPOL)	4
2.3. MEĐUNARODNI PRAVILNIK O KONSTRUKCIJI I OPREMI BRODOVA ZA PRIJEVOZ OPASNIH KEMIČALIJA U RAZLIVENOM STANJU (IBC)	6
3. KATEGOTIZACIJA I KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIČALIJA	10
3.1. KATEGORIJA BRODOVA PREMA IBC-U.....	10
4. PRAVILA I PROPISI ZA GRADNJU.....	13
4.1. GESAMP SISTEM	13
4.2. NAS SISTEM.....	14
5. KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIČALIJA ...	15
6. SUSTAVI ZA RUKOVANJE TERETOM.....	18
6.1. CJEVOVODI TERETA	18
6.2. PRIJENOSNE CIJEVI.....	19
6.3. VENTILI I PUMPE TERETA.....	19
6.3.1. Uronjene pumpe	20
6.3.2. Vijčane pumpe	21
6.3.3. Hidraulični sistem.....	22
6.3.4. Elektromotorni pogon pumpi	22
6.3.5. Posušivanje tankova (stripping).....	23
6.4. HLAĐENJE TERETA	23
6.5. SUSTAV ZAGRIJAVANJA TERETA	23
7. MJERENJE TERETA I KOMPATIBILNOST.....	24
7.1. MJERENJE TERETA.....	24

7.2. KOMPATIBILNOST TERETA	25
7.3. TABLICE KOMPATIBILNOSTI.....	26
8. PRANJE TANKOVA TERETA	27
9. SUSTAV INERTNOG PLINA.....	29
9.1. IZVORI INERTNOG PLINA.....	31
9.2. ZAMJENA PLINOVA	32
9.3. KOMPONENTE SUSTAVA INERTNOG PLINA	33
10. OPERACIJA UKRCAJA I ISKRCAJA.....	36
10.1. UVJETI ZA PRIVEZ TANKERA	36
10.2. UREĐAJI ZA RUKOVANJE TERETOM.....	37
10.3. PREPORUKE ZA RUKOVANJE TERETOM	37
11. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA	38
12. ZAŠTITA ZDRAVLJA POSADE I SIGURNOSNA OPREMA	40
12.1. MAKSIMALNO DOPUŠTENE KONCENTRACIJE PLINOVA, PARA I PRAŠINE.....	40
12.2. ŠTETNE TVARI OREMA NAČINU DJELOVANJA NA ORGANIZAM	41
12.3. KONTROLIRANJE ATMOSFERE PROSTORA I OSOBNA ZAŠTITA.	42
13. ZAKLJUČAK.....	43
16. LITERATURA	45
17. POPIS SLIKA.....	46
18. POPIS TABLICA	47

1. UVOD

Otkrićem novih derivata nafte u naftnoj industriji došlo je do stvaranja prvih petrokemijskih pogona. Prijevoz kemikalija u tekućem stanju se pojavio 1940. godine. Širenje petrokemijske industrije dovelo je do razvoja prijevoza kemikalija.

Svjetska pomorska trgovina tekućim teretima uglavnom se sastoji od prijevoza sirove nafte te kemikalija i produkata. Približno se 30% sveukupne trgovine odnosi na kemikalije i produkte. Kemijski tankeri prevoze tekuće terete izuzevši sirovu naftu i terete koji zahtijevaju značajnije hlađenje ili tlačenje. Tereti koji se prevoze uključuju ne samo kemikalije već i robu poput biljnog ulja, životinjskih masti, melase, vina, otapala, čiste naftne produkte te razna maziva. Također je moguć prijevoz anorganskih supstanci poput sumporne kiseline, fosfatne kiseline i kaustične sode.

Stoga su tankeri za prijevoz kemikalija vrlo specifični brodovi zbog kompleksnosti građe i svojstva samih tereta. Često se prevoze eksplozivni, toksični i nagrizajući (korozivni) tereti poput metanola, sumporne kiseline, kaustične sode i octene kiseline. Upravo zbog toga mnogo se pažnje obraća na tankove tereta i njihovu sposobnost da sačuvaju integritet i čistoću tereta. Najviše standarde mora zadovolji sigurnosna oprema za posadu koja uključuje veliki broj predmeta i aparata, primjerice: specijalna odjeća i obuća, aparati za disanje, razni ispitivači kvalitete zraka i atmosfere u tankovima tereta. Ovdje se obrazlaže konstrukcija kemijskog tankera, raspored tankova, sistemi pranja i inertiranje te manipulacija teretom.

Tema ovog završnog rada se raščlanjuje kroz dvanaest poglavlja. Stalan razvoj pomorskog prometa te sve veći broj brodova na svjetskim morima dovelo je do raznovrsnih opasnosti pa i potencijalno neželjenih situacija. Iz tog razloga uvele su se razne međunarodne konvencije kojih se svi brodovi moraju pridržavati. Međutim za brodove za prijevoz kemikalija najvažnije su SOLAS konvencija koja se bavi zaštitom ljudskih života na moru te MARPOL konvencija usredotočena na zaštitu okoliša odnosno sprječavanje onečišćenja mora brodovima. Uz te dvije međunarodne konvencije uveden je i Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju. Njegova je svrha povećanje međunarodnih standarda sigurnosti putem utvrđenja tehničkih svojstava i opreme kojima moraju udovoljiti brodovi za prijevoz kemikalija upravo zbog opasnosti samih tereta koji se prevoze.

Uvedena su i dva sistema, GESAMP i NAS sistem. Prvi se odnosi na zagađivanje mora zbog pranja tankova dok su NAS sistemom procijenjene opasnosti te je on namijenjen za stvaranje uvjeta za preventivne mjere zaštite koje su potrebne pri transportu kemikalija.

Zbog same složenosti postupka rukovanja kemikalijama kod ovih brodova postoje i razni sustavi rukovanja takvim teretom. U ovom radu su objašnjeni sustav cjevovoda, ventili i pumpe tereta, hidraulični sustavi, pa i sustavi bitni za očuvanje tereta odnosno sustavi za hlađenje i zagrijavanje tereta.

Kako bi brod i posada bili zaštićeni od neželjenih posljedica eksplozije broda prostor za vrijeme pranja tanka, prevoženja tereta i praznog broda mora se držati pod kontrolom iz razloga da ne bi sadržavao veći postotak od 8% kisika. To se postiglo sustavom inertnog plina. Ovaj sustav detaljnije je objašnjen u devetom poglavlju.

Pored te zaštite potrebno je bilo i obratiti pozornost na sigurnost broda, tereta i posade u smislu sprječavanja požara na brodu. S obzirom na različite tipove mogućih požara mogu izbiti i razne opasnosti radi kojih se vrlo važno pridržavati preventivnih mjera koje se odnose na sprječavanje požara i procedura u slučaju njegovog izbijanja. Protupožarna zaštita pobliže je prikazana u jedanaestom poglavlju.

Na brodovima koji prevoze kemikalije dolazi do izbijanja raznih štetnih plinova, para, prašine i drugih štetnih tvari koje mogu utjecati na zdravlje posade. Dvanaesto, ujedno i zadnje sadržajno poglavlje se odnosi na zaštitu zdravlja posade u smislu kontroliranja atmosfere prostora, maksimalno dopuštene koncentracije štetnih plinova te osobne zaštite koja je potrebna za očuvanje sigurnosti i zdravlja.

2. MEĐUNARODNI PROPISI KOJI SE ODNOSI NA TANKERE ZA PRIJEVOZ KEMIČALIJA

Posljedica složenosti i svojstava tereta koji prevoze je velik broj međunarodnih propisa za kemijske tankere. Za brodove koji prevoze kemičalijske materije vaŹe propisi Međunarodne konvencije o teretnim linijama (LOADLINES), Međunarodne konvencije o standardima za obrazovanje, ovlaštenja i obavljanje straŹe pomoraca (STCW), te ranije spomenut Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemičalijskih materija u razlivenom stanju (IBC). Međutim za ovaj tip brodova postoje i posebni propisi uređeni Međunarodnom konvencijom o zaštiti ljudskih Źivota na moru (SOLAS) te Međunarodnom konvencijom o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (MARPOL).

2.1. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O ZAŠTITI LJUDSKIH ŹIVOTA NA MORU (SOLAS)

SOLAS konvencija se stalno mijenja i dopunjuje, pa je tako Odbor za sigurnost plovidbe od strane Međunarodne pomorske agencije (engl. *International Maritime Organization - IMO*) 1986. godine donio IBC koji je postao pravovaljan 1988. godine. Prema ovom pravilniku brodu se izdaju posebne svjedodŹbe uključujući i Međunarodnu svjedodŹbu o sposobnosti za prijevoz opasnih kemičalijskih materija u razlivenom stanju (engl. *International Certificate of Fitness for the Carriage of Dangerous Chemicals in Bulk*). Sukladno glavi II/2 SOLAS konvencije koja određuje odredbe o svojstvima glavnog protupoŹarnog voda, protupoŹarnu zaštitu, otkrivanje i gašenje poŹara, na tankerima za prijevoz kemičalijskih materija mora se obavezno nalaziti vatrogasna oprema te osobna zaštitna oprema koja mora zadovoljavati najvišim kriterijima u pogledu kvalitete i cjelovitosti. Glavom VII SOLAS konvencije koja se odnosi na prijevoz opasnih tereta, u dijelu B, regulira se oprema i konstrukcija brodova za prijevoz opasnih tekućih kemičalijskih materija u razlivenom stanju. Sadržaj VII Glave je 1986. godine upotpunjen pravilnikom IBC koji se primjenjuje kao sastavni dio SOLAS Konvencije na sve brodove građene poslije 1.srpnja 1986. godine.

2.2. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O SPRJEČAVANJU ONEČIŠĆENJA MORA S BRODOVA (MARPOL)

Već u prvoj polovici 20. stoljeća kao veliki ekološki problem prepoznato je onečišćenje mora naftom, te je 1973. godine donesena MARPOL konvencija. Na međunarodnoj konferenciji o sigurnosti tankera koja je održana u Londonu 1978. godine donesen je Protokol koji čini sastavni dio MARPOL konvencije. Do tada je konvencija iz 1954. godine, regulirala sprječavanje onečišćenja mora naftom. Sa ovim protokolom MARPOL konvencija regulira sprječavanje onečišćenja svim štetnim tvarima koje se s brodova ispuštaju ili izbacuju, namjerno ili slučajno. Ova se konvencija se stalno dopunjuje, a novosti koje se u tekstu unose, više ne moraju čekati ratifikaciju država nego automatski stupaju na snagu godinu dana nakon odluke IMO-a, osim u slučaju da im se izričito ne usprotivi trećina država koje posjeduju barem polovicu svjetske tonaže. Ova konvencija uz osnovni tekst sadržava i šest priloga.

Prilog I – Pravila o sprječavanju onečišćenja naftom

Prilog II – Pravila za kontrolu onečišćenja tekućim tvarima koje se prevoze tankerima

Prilog III – Pravila o sprječavanju onečišćenja štetnim tvarima u pakiranom obliku

Prilog IV – Pravila o sprječavanju onečišćenja fekalijama s brodova

Prilog V – Pravila o sprječavanju onečišćenja otpacima s brodova

Prilog VI – Pravila o sprječavanju onečišćenja s brodova posredno zrakom, emisijom sumporova i dušikova oksida.

Na brodove za prijevoz kemikalija odnosi se Prilog II (Pravila za kontrolu onečišćenja tekućim tvarima koje se prevoze tankerima). Opasnost pojedinih tvari procjenjuje se u odnosu na biološke skupine u moru, štete za izvore životnih tvari (za hranu iz mora), opasnost po ljudsko zdravlje pri uzimanju na usta, opasnost po ljudsko zdravlje prilikom kontakta s kožom te korištenje mora ili smanjenje prirodne ljepote okoliša.

Prema navedenim kriterijima, opasne tekuće tvari razvrstavaju se u slijedeće kategorije:

KATEGORIJA X(A) – obuhvaća kemijske tvari za koje postoji mogućnost da prouzroče veće opasnosti za morske resurse i ljudsko zdravlje, te da nanesu ozbiljnu štetu ljepoti okoliša. U tu kategoriju pripadaju aceton-cianohidrin, akrolein, ugljični disulfid, krezoli, naftalin, olovni tetraetil i tetrametil, naftalin te fosfor.

KATEGORIJA Y(B) – obuhvaća tvari koje mogu prouzročiti stanovite opasnosti za resurse, ljude i okoliš. Tu pripadaju akrilonitril, butiraldehid, ugljični tetraklorid, epiklorhidrin, etildiklorid, fenol, metilklorid, trikloretilen.

KATEGORIJA Z(C) – tvari svrstane u ovu kategoriju su one koje mogu prouzročiti manje opasnosti. Tu pripadaju acetaldehd, benzin, ksilen, cikloheksan, vinilacetat, monoisopropilamin, pentan, stiren i toulen.

KATEGORIJA OSTALIH SUPSTANCI(D) – sadrži tvari koje mogu prouzročiti (jedva) zamjetne opasnosti. Tu pripadaju butilakrilat, izopenten, fosforna kiselina, vosak, loj.

Konvencija također određuje i posebna područja za koja je potrebna posebna zaštita s obzirom na njihovu ekološku osjetljivost. Mogućnost ispuštanja opasnih tvari u more ovisi i o vrsti (kategoriji) dotične tvari.

U svim morskim područjima je strogo zabranjeno ispuštanje tvari kategorije X. Nakon što se opere tank u kojem su se takve stvari nalazile, tekućina kojom je pranje obavljeno mora se iskrcati u lučki uređaj za prihvata. Ako taj način tank nije ispražnjen, odnosno u slučaju da je tvar svedena do ili ispod propisanog omjera, dopušteno je ispustiti ga u more uz uvjete:

- Da se prethodno pomiješa s čistom vodom (morem), koja količinski predstavlja najmanje 5% zapremnine tog tanka.
- Da brod bude u pokretu, uz brzinu od najmanje 7 čvorova ako ima vlastiti pogon, odnosno najmanje 4 čvora ako je tegljen.
- Da se ispuštanje obavlja kroz otvore ispod vodene linije, vodeći računa o razmještaju brodskih otvora za usisavanje mora.
- Da se takvo ispuštanje obavlja na udaljenosti od najmanje 12 NM od najbliže obale i dubini mora koja nije manja od 25 m.

Ispuštanje u more svih tvari kategorije Y odnosno balastne vode ili vode ostale od pranja tankova dozvoljeno je uz slijedeće uvjete:

- Da brod bude u pokretu uz brzinu od najmanje 7 čvorova, odnosno 4 čvora ako se tegli ili potiskuje.
- Da postupke i mjere pri takvom ispuštanju odobri državna vlast zastave broda, oni se moraju zasnivati na međunarodnom standardima koje je IMO utvrdila, te moraju osiguravati da koncentracija tvari Kategorije Y u brazdi broda na prijeđe omjer 1:1.000.000.
- Da ukupna količina tako ispuštene tvari iz svakog tanka ili sustava njegovih cijevi nipošto ne prelazi jedan kubični metar ili 1/3.000 dio zapremnine tanka.
- Da se ispuštanje obavlja na udaljenosti od najmanje 12 NM od najbliže obale i dubini mora koja nije manja od 25 m.

Ispuštanje u more tvari Kategorije Z uvjetovano je uglavnom istim zahtjevima koji su navedeni za kategoriju Y, osim što su omjeri blaži: maksimalna koncentracija u brazdi broda iznosi 10:1.000.000.

2.3. MEĐUNARODNI PRAVILNIK O KONSTRUKCIJI I OPREMI BRODOVA ZA PRIJEVOZ OPASNIH KEMIKA LIJA U RAZLIVENU STANJU (IBC)

Svrha Međunarodnog pravilnika o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenu stanju (IBC) je povećanje međunarodnih standarda sigurnosti putem utvrđenja tehničkih svojstava i opreme kojima moraju udovoljiti brodovi za prijevoz kemikalija. Zamisao je bila da se način gradnje broda i njegova opremljenost usklade s opasnostima koje su svojstvene takvim teretima. Ukratko, što su tereti opasniji, brod koji ih prevozi trebao bi biti čvršći i otporniji na moguća oštećenja. Pravilnik je 1971.g. usvojila Generalna skupština IMO-a u obliku Rezolucije br. A 212/VII. Istovremeno je svim državama članicama uputila preporuku da od svojih brodara i graditelja brodova zahtijevaju njegovu primjenu. Ako se kupi ili izgradi neki brod koji udovoljava uvjetima iz Pravilnika, država mu je mogla na osnovi pregleda izdati „Svjedodžbu o sposobnosti broda za prijevoz opasnih kemikalija“ koju su druge države bile dužne priznavati. IBC Pravilnik se sastoji od XX glava.

Glava I - Pravilnik se primjenjuje na sve kemijske tankere bez obzira na njihovu veličinu pri čemu se određuju osnovne opasnosti kemikalija koje se odnose na opasnost od požara, opasnost za ljudsko zdravlje, opasnost onečišćenja vode, zraka i morskog okoliša te opasnost od reakcije s drugim kemikalijama i vodom. Nakon pregleda broda izdaje se međunarodna svjedodžba za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju u kojoj je naznačena vrsta broda prema Pravilniku IBC, teretima koji se mogu prevoziti, dodatnim uvjetima i izuzećima.

Glava II – otpornost broda i razmještaj tankova tereta

Glava III – raspored brodskog prostora. Odnosi se na odjeljivanje tankova za teret od strojarnice i prostora za posadu. Osnovni zahtjevi su da tankovi za teret moraju biti strogo odijeljeni od svih prostora za posadu i strojarnice, tankovi s teretom koji reagiraju s drugim teretima moraju biti odvojeni međuprostorom (koferdamom) ili drugim tankom u koji se krca kompatibilan teret te moraju imati poseban cjevovod, pumpe i ventilaciju. Cjevovod tereta ne smije prolaziti kroz prostorije stroja niti kroz prostore za smještaj i rad posade te na cijevima, pumpama i ventilima moraju postojati oznake. Tereti se ne smiju prevoziti u *fore i aftpeaku*. Pristup pumpama mora biti moguć u svakom trenutku te njima mora biti moguće upravljati i daljinski. Balastni tankovi, cijevi, pumpe i ventili moraju biti odvojeni od sustava za teret.

Glava IV – prostor za smještaj tereta. Postoje slijedeće vrste tankova za teret: samostalni tank, ugrađeni tank, gravitacijski tank (tlak do 70 kPa- samostalan ili ugrađen), tank pod tlakom (tlak preko 70 kPa- samostalan).

Glava V – rukovanje teretom. Određuje se izvedba svih uređaja za manipulaciju teretom.

Glava VI – materijali za gradnju tankova i s njima vezanih cijevi, crpki i ventila. Najvećim dijelom se primjenjuje nehrđajući čelik.

Glava VII – nadzor nad temperaturom. Koriste se sustavi za grijanje ili hlađenje.

Glava VIII – uređaji za ventilaciju i degazaciju. Glavna je zadaća cijelog ventilacijskog sustava maksimalno smanjiti opasnost od koncentracije teretnih isparavanja na palubi, prostorima za smještaj i rad posade te u prostorima stroja. Ispušni ventilacijski otvori moraju biti tako izvedeni da ispuh odvede ravno i nesmetano u zrak, ali i da se potpuno onemogući prodor vode (morske i atmosfere) u teretne tankove. Degazacija predstavlja proces odstranjivanja ili razgradnje (neutraliziranje) otrova/kemikalija sa kontaminiranih predmeta i objekata ili iz raznih sredina (voda, zrak) da bi se odstranilo ili umanjilo njihovo štetno djelovanje. Izvodi se fizikalnim metodama, a češće kemijskim metodama dekontaminacije.

Pri potpunoj degazaciji tanka valja svakako onemogućiti širenje zapaljivih i otrovnih para u okoliš, odnosno stvaranje zapaljivih mješavina u samom tanku. Problem se rješava propisanom snagom puhala, usporavanjem postupka degazacije te praćenjem tlaka i sastava plinova u ispuhu i atmosferi tanka. Cijela je operacija važna i delikatna jer se obično poduzima prije ulaska članova posade u tank radi kakvih neophodnih zahvata.

Glava IX – nadzor atmosfere u tankovima. Odnosi se na inertiranje- ispunjavanje prostora tanka plinom ili parom koji ne dozvoljavaju izgaranje i ne izazivaju reakcije, oblaganje-pjenom, plinom ili parom koji odvajaju teret od okolne atmosfere i materijala, ventilaciju-pojačana ili prirodna i sušenje- koje odstranjuje vodu, vlagu ili vodenu paru.

Glava X – električni uređaji moraju zadovoljavati u pogledima izvedbe, uzemljenja, položaja i zaštitne sklopke.

Glava XI – zaštita od požara i gašenje. Potrebno je voditi računa o kompatibilnosti sredstava za gašenje s teretom. U prostorima teretnih crpki mora biti fiksni uređaj za gašenje požara ugljičnim dioksidom ili halogenim ugljikovodikom, dopunjen automatskim uređajem za uzbunu. U tankovima za teret mora biti fiksni uređaj za gašenje požara pjenom. Dozvoljava se samo jedna vrsta pjene za gašenje, tj. ona koja je kompatibilna s teretima koji se prevoze. Propisuje se minimalna količina raspoložive pjene u odnosu na veličinu teretnih tankova te raspored monitora i vodova protupožarne pjene.

Glava XII – mehanička ventilacija teretnih prostora

Glava XIII – instrumenti se koriste za mjerenje razine tereta, te mogu biti otvoreni-upotrebljavaju se kroz otvore tanka, ali zato izlažu brodsko osoblje izravnom utjecaju tereta i teretnih isparavanja, zatvoreni- nalaze se potpuno zatvoreni u tanku pa ne dozvoljavaju istjecanje sadržaja tanka; očitavaju se kroz zaštićena staklena okna, sustavom plovka ili uz pomoć elektronskih i magnetskih instrumenata, djelomično zatvoreni- ulaze u tank pa stoga prilikom upotrebe mogu izložiti osobe manjim količinama teretnih isparenja ili tekućine koja prodire iz tanka i indirektni- nisu u tanku i neovisni su od njega (vage, mjerači protoka na ulaznom vodu i dr.).

Glava XIV – zaštita osoblja. Za posadu broda korištenje zaštitne opreme predstavlja veliko značenje. Zaštitna oprema se sastoji od velikih zaštitnih pregača, dugih rukavica, odgovarajuće obuće, radnih odijela (kombinezona, tuta) otpornih na kemikalije, maski ili štitova za lice tako da se pokrivaju svi dijelovi tijela odnosno kože. Takva radna odijela i zaštitnu opremu potrebno je držati na lako pristupačnim mjestima u posebnim pretincima, ali izvan prostora za smještaj posade.

Glava XV – posebni uvjeti –odnose se na rukovanje, održavanje i prijevoz nekih posebnih i delikatnih tereta koji stoga zahtijevaju naročitu opreznost i poseban (individualni) tretman.

Glava XVI – radni postupci. Dije se na postupke pri rukovanju teretom- cargo plan, specifikacija tereta, mjere u slučaju opasnosti.

Glava XVII – minimalni uvjeti. Izloženi su osnovni uvjeti za sigurnost pri rukovanju i prijevozu svakog pojedinog tereta na kojeg se odnosi Pravilnik. To su tablice u kojima je ulazni podatak ime kemikalije (stupac a), a na njega se nadovezuje stupac b- UN broj za raspoznavanje tvari, stupac c- kategorija tvari kao polutanata prema MARPOL-u, stupac d- vrsta opasnosti koja prijeti od takve tvari, stupac e- tip broda kojim se takva kemikalija smije prevoziti, stupac f- vrsta tanka u koji se mora krcati, stupac g- način ventiliranja, stupac h- način intervencije u okolišu tanka, stupac i- izvedba električnih uređaja, stupac j- vrsta mjerača razine tereta, stupac k- vrsta isparenja tereta, stupac l- način gašenja požara, stupac m- materijali za izvedbu, stupac n- neophodnost zaštite dišnih puteva i očiju, te stupac o- eventualni posebni uvjeti prema Glavi XV.

Glava XVIII – popis kemikalija na koje se IBC Pravilnik ne odnosi jer ne predstavljaju veće opasnosti za sigurnost broda, za ljude na njemu i za onečišćenje morskog okoliša.

Glava XIX – propisi za spaljivanje tekućeg kemijskog otpada. Praksa spaljivanja otpadnih kemijskih tvari na moru (posebno organo – halogenih sastojaka i spojeva) je ograničena i zabranjena.

Glava XX – prijevoz tekućeg kemijskog otpada

3. KATEGORIZACIJA I KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIČALIJA

Zbog sve većeg broja kemikalija i njihovih svojstava javlja se potreba efikasnije zaštite ljudi na brodu i morskog okoliša. Svojstva tereta mogu biti: gustoća, korozivnost, samoreaktivnost, osjetljivost na toplinu, potreba održavanja apsolutne čistoće, viskozitet, otrovnost, zapaljivost, potreba grijanja itd. Navedena svojstva određuju konstrukciju broda. Dizajnom kemijskih tankera u Sjedinjenim Američkim Državama bavili su se u 60-im NAS (*National Academy of Science*) i GESAMP (*Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution*).

Na osnovi njihovog rada kasnije je nastao IMO-ov „Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju“. Pravilnik se skraćeno naziva IBC (*International Bulk-Chemicals in Bulk*).

3.1. KATEGORIJA BRODOVA PREMA IBC-U

Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju (engl. *International Bulk Chemicals Code – IBC*) ima svrhu povećanja međunarodnih standarda sigurnosti utvrđivanjem opreme i tehničkih svojstava kojima moraju udovoljiti brodovi koji prevoze kemikalije. Opremljenost broda te način njegove gradnje uskladili su se s mogućim opasnostima kod prijevoza takvih tereta, odnosno, što su tereti opasniji, brod bi trebao biti čvršći i otporniji na moguća oštećenja.

Prema IBC razlikujemo tri tipa brodova za prijevoz kemikalija koji su podijeljeni prema opasnosti tereta koji prevoze:

- Brodovi tipa I,
- Brodovi tipa II, i
- Brodovi tipa III.



Slika 1. Brod za prijevoz kemikalija

Izvor: <http://worldmaritimenews.com/archives/50923/denmark-nordic-tankers-divests-its-chemical-tanker-activities/>

Brod tipa I

Ovoj kategoriji pripadaju brodovi za prijevoz najopasnijih tereta te su u njoj propisane maksimalne preventivne mjere. Brod mora biti u stanju izdržati znatna oštećenja od sudara ili udarca na bilo kojemu mjestu njegove dužine. Tankovi u kojima je teret ne smiju se nalaziti bliže oplati od 760 mm, a moraju se nalaziti izvan područja u kojem je moguće znatno oštećenje.

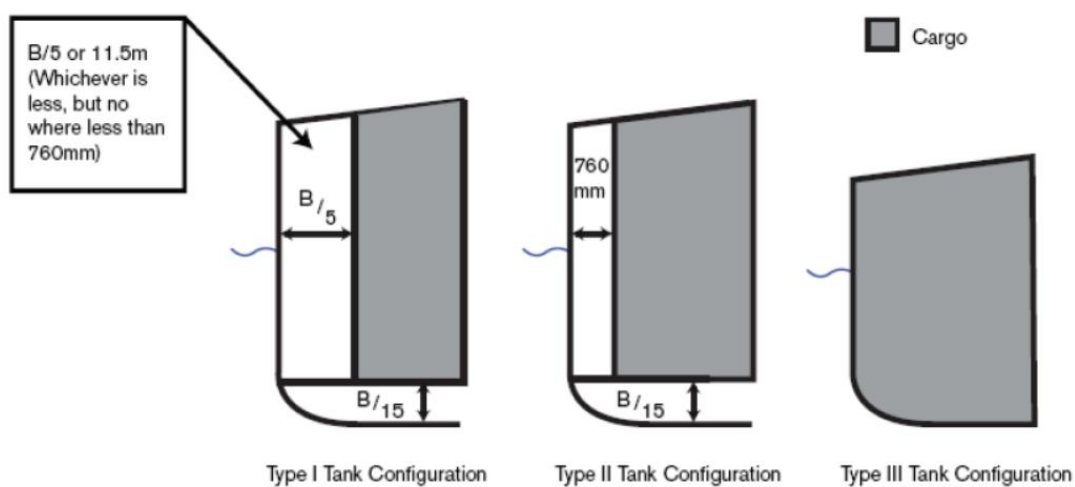
Brod tipa II

Brodovi koji spadaju u kategoriju tipa II imaju određene su stroge preventivne mjere. Takav brod mora izdržati veća oštećenja trupa pri sudaru ili nasukavanju.

Brod dug 150 m ili kraći mora biti u stanju izdržati znatnija oštećenja uslijed sudara ili nasukavanja, ne uključujući oštećenja pregrada koje odvajaju strojni prostor sa krmene strane. Brod dulji 150 m mora biti u stanju izdržati znatnija oštećenja bilo gdje na njegovoj dužini kod sudara ili nasukavanja. Tankovi za prijevoz tereta ne smiju se nalaziti bliže oplati od 760 mm, a moraju se nalaziti izvan područja u kojem je moguće znatno oštećenje.

Brod tipa III

Za sve brodove koji se svrstavaju u ovu kategoriju primjenjuju se srednje mjere predostrožnosti. Brod mora izdržati manja oštećenja zbog nasukavanja ili sudara po cijeloj dužini. Brod tipa III. mora biti u stanju izdržati manja oštećenja po čitavoj dužini, koja su posljedica sudara ili nasukavanja, osim ako se radi o oštećenju u strojnom prostoru. Sposobnost da izdrži poplavu strojnog prostora treba odrediti odgovorni klasifikacijski zavod. Za tankove ne postoje posebni zahtjevi. Premda su ovi brodovi s jednom oplatom, kao i tankeri za prijevoz naftnih derivata, građeni su sa većim brojem pregrada.



Slika 2. Smještaj tankova tereta ovisno o tipu broda

Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11.

Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

Posebni zahtjevi IMO-a za brodove za prijevoz kemikalija odnose se na stabilitet u slučaju onečišćenja te dvodna i bočnih koferdama. Na osnovu ovih zahtjeva dužina i širina broda su u odgovarajućem omjeru, tako da brod može udovoljavati raznim varijantama ukrcaja bez potrebe balastiranja.

4. PRAVILA I PROPISI ZA GRADNJU

Donošenje većeg broja pravila i propisa bilo je neophodno zbog povećanja broja i količine potencijalno opasnih tereta koje ovi brodovi prevoze. Brod je postao opasan za okolinu i posadu, došlo je do zagađivanja mora pa se uvidjelo da je potrebno precizno i opsežno poznavanje tereta da bi se brod i okoliš zaštitili. Na projektiranje i gradnju broda utječe vrsta tereta koji prevoze. Znanstvena istraživanja moguće opasnosti od velikog broja kemijskih supstanci vršena su preko raznih tijela, među kojima su NAS (*The US National Academy of Sciences*) i GESAMP (*The Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution*).

NAS se najviše bazirao na sigurnost posade, a GESAMP na učinak i posljedice zagađivanja mora. Oba problema čine osnovu IMO kodeksa za brodove koji prevoze kemikalije.

4.1. GESAMP SISTEM

Ovaj sistem je nastao 1973. godine, a odnosi se na zagađivanje mora zbog pranja tankova. Nekoliko stotina kemikalija je kategorizirano i za svaku kemikaliju je istraženo pet aspekata zagađivanja od kojih IMO prihvatio četiri:

- 1) Bioakumulacija – proces kada vodeni organizam počne akumulirati kemikaliju (sadrži veću koncentraciju kemikalija nego što se nalazi u ambijentu vode ili njezinoj hrani),
- 2) Oštećenje živih izvora (odnosi se na živa bića sa posljedicama otrovnih ili zaraženih organizama),
- 3) Opasnost po čovjekovo zdravlje, što uključuje:
 - a) Gutanje vode koja sadrži kemikalije ili hranjenje ribom te školjkama koje sadrže patogene elemente,
 - b) Drugi aspekti, uključujući iritaciju kože ili sluznice zbog fizičkog dodira kemikalija ili isparavanja, te oštećenje unutarnjih organa (kao posljedica apsorpcije kože).
- 4) Smanjenje privlačnosti morske obale zbog posljedica zagađenja.

4.2. NAS SISTEM

NAS sistemom su procijenjene opasnosti. Definiran je 1960. godine za uporabu *US Coast Guarda* - a. Namijenjen je za stvaranje uvjeta za preventivne mjere zaštite koje su potrebne pri transportu kemikalija. Opasnosti su:

1. požar,
2. zdravlje (iritacija uzrokovana parom, tekućinom ili krutinom),
3. zagađenje vode:
 - a) otrovanje ljudi,
 - b) otrovanje voda,
 - c) umjetno djelovanje.
4. reaktivnost.

5. KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKA LIJA

Na brodove za prijevoz kemikalija se primjenjuju posebni zahtjevi IMO - a:

- a) zahtjevi u pogledu stabiliteta u slučaju oštećenja,
- b) zahtjevi u pogledu dvodna.

Na osnovu ovih zahtjeva dubina i širina mora biti u određenom omjeru, tako da brod može udovoljavati raznim kombinacijama ukrcaja, bez potrebnih balastiranja broda. Kako bi se moglo maksimalno iskoristiti što veći broj tankova, mora se dobro procijeniti ukupan broj tankova. Tankove je dozvoljeno napuniti do 98 % volumena. Univerzalni tanker od 25.000 tona nosivosti ima oko 40-50 tankova za krcanje tereta, dok jednostavniji univerzalni tanker ima samo 27 do 34 tanka pri istoj tonaži. IMO kodeks ograničava veličinu tanka na brodu Tipa 1. do 1250 kubnih metara, a na Tipu 2. do 3000 kubnih metara.

Tereti koji su po IMO klasificirani kao potencijalno najopasniji, prevoze se brodovima s posebno građenim samostalnim tankovima. Tankovi moraju biti tako konstruirani da izdrže dinamičku silu tankova koji nisu u potpunosti napunjeni.

Struktura dna može biti:

- jedno dno po cijeloj dužini
- dvodno po cijeloj dužini
- dvodno kod srednjeg tanka i jedno dno kod bočnih tankova

Brodovi za prijevoz kemikalija trebaju imati odgovarajuće količine čistog balastnog kapaciteta u dvodnu radi trimovanja jer mogu biti nejednako krcani kako bi udovoljili potrebama separacije tereta, a upotreba prostora dvodna oslobađa od nepotrebnog balastiranja tankova za čisti teret. Bitan faktor koji utječe na izbor strukture dna je masa praznog broda. Dvodno tankera od 25.000 tona nosivosti povećat će masu broda za 500 do 550 tona kroz čitavo teretno područje.

Na brodovima za prijevoz kemikalija koriste se četiri vrste vertikalnih pregrada:

- 1) Vertikalne valovite pregrade su najefikasnije pregrade koje se mogu ugraditi u longitudinalnom i transverzalnom smjeru. Kod tankova koji su veći od 6 metara dubine obično je potrebno pojačanje u obliku horizontalne proveze postavljeno simetrično s obje strane valovite pregrade.
- 2) Horizontalne valovite pregrade su sve češće na tankerima većim od 5.000 tona nosivosti. Iako su postavljene samo u jednom smjeru pojačane su sa vertikalnim ukrepama jer su sklone puknuću na spojevima između dvije horizontalne korugacije.
- 3) Glatke pregrade s horizontalnim pojačanjem najčešće su pregrade na tankerima za prijevoz kemikalija, najčešće kao longitudinalna pregrada s horizontalnim pojačanjem i vertikalnim ukrepama postavljenim na vanjskoj strani pregrade u bočnim tankovima.
- 4) Strukturna pregrada ima mnogo prednosti jer omogućuje koferdamu da separira inkompatibilne terete, a služi i kao efikasna zapreka između dva tereta koji se prevoze na različitoj temperaturi. Strukturna pregrada ima prednost na specijaliziranim brodovima, na kojima su tankovi od nehrđajućeg čelika ili su obloženi nehrđajućim čelikom ili gumom.

Trup tankera za prijevoz kemikalija može biti jednostruk i dvostruk. Na izbor trupa utječe teret koji prevozi. IMO brod Tipa 1. zahtijeva razdaljinu najmanje 760 mm od granice tanka do oplata broda. Dvostruki trup omogućuje izolirajući sloj između tereta i vanjskog trupa, odnos mase praznog broda kod dvostruke oplata i broda s jednom oplatom je 1,7 : 1 za visinu tanka od 13,4 metara.

Struktura palube na kemijskom tankeru ovisi o teretu, materijalu tanka i oblozi tanka, a može biti:

- 1) Jedna paluba s pojačanjem unutar tanka tereta. Ova konstrukcija se često koristi, iako je površina unutar tanka velika i teška za čišćenje. To se pogotovo odnosi na tankove s vrlo dubokim okvirima za prijevoz tereta visoke gustoće.
- 2) Jedna paluba s pojačanjem izvan tankova tereta. Ovakav tip konstrukcije olakšava čišćenje tankova i održavanje strukture, ali smanjuje pristup posadi za vrijeme rukovanja teretom.
- 3) Dvostruka paluba s pojačanjem unutar koferdama. Ovaj način se ponekad primjenjuje na manjim tankerima za prijevoz kemikalija, da bi površina palube bila slobodna od čelične strukture.

6. SUSTAVI ZA RUKOVANJE TERETOM

Za vrijeme operacija s teretom zapovjednik broda ili kvalificirani časnik odgovorni su za sigurnost broda. Da bi manipulacija teretom bila sigurna potrebno je voditi računa o slijedećem: sva oprema za rukovanje teretom mora biti testirana prije uporabe, procedura u slučaju izvanrednog događaja pri manipulaciji s određenim teretom mora biti dostupna svim članovima posade, osobna zaštitna oprema - zavisno o teretu koji se ukrcava/iskrcava mora biti u svakom trenutku spremna za uporabu, sve operacije s balastom i teretom moraju biti zabilježene. Sustavi cjevovoda tereta moraju biti konstruirani na način da se otkloni rizik kontaminacije dva odvojena tanka te da se olakša čišćenje i omogući istovremeni iskrcaj iz više tankova.

6.1. CJEVOVODI TERETA

Cjevovodi tereta, odnosno njihovi sustavi, moraju biti konstruirani na način da se otkloni rizik kontaminacije dva odvojena tanka, se olakša čišćenje i omogući istovremeni iskrcaj iz više tankova. U sistemu cjevovoda gdje postoji međuveza, između tankova moraju se ugraditi slijepe priрубnice. Za normalnu segregaciju dijela tereta se ugrađuju jednostavne, a za segregaciju inkompatibilnih tereta neophodne su duple slijepe priрубnice ili pomični spojni komadi. Kod segregacije među tankovima zajednički ispusti se moraju zaštititi (blindirati).

Dimenzije i materijali cjevovoda, priрубnica i spojeva su standardizirani. Materijal brtvi mora odgovarati teretu. Na tankerima za prijevoz kemikalija nije dozvoljena uporaba ekspanzivnih brtvenica. Ekspanzija cijevi omogućava se na dva načina i to ekspanzivnim.

Cjevovodi moraju biti propisno vođeni i usidreni, a zahtjeva se precizna instalacija, rukovanje i inspekcija. Cjevovodi smiju primati na sebe samo aksijalni poriv.



Slika 4. Cjevovodi

Izvor: <http://www.ship-projects.com/basement.ASP?sn=&lay=articolo&sez=5&nome=Projects&lang=it&pag=15&area=>

6.2. PRIJENOSNE CIJEVI

Pregled prijenosnih cijevi prije upotrebe tlačnim testom je reguliran IMO propisom. Mora se pregledati stanje cijevi i električni spoj među prirubnicama. Cijevi se smiju savijati samo prema preporukama proizvođača. Za vrijeme kada se cijevi ne koriste, krajevi moraju biti oklopljeni. Materijal cijevi mora biti kompatibilan produktima kojima služe cijevi.

6.3. VENTILI I PUMPE TERETA

Obavezno je upravljanje s palube svim ventilima tereta, a IMO propis određuje slijedeći raspored ventila:

- 1) Jedan prekidni ventil s ručnom manipulacijom na svakoj liniji za ukrcaj/iskrcaj (kod uronjenih pumpi ne traži se prekidni ventil na iskrcajnoj).
- 2) Prekidni ventil na svakom spoju prijenosne cijevi
- 3) Daljinski uređaj za isključivanje svih pumpi tereta i sličnih uređaja.

Najčešće se upotrebljavaju slijedeći tipovi ventila: zasuni, kuglasti i leptirasti.

Pumpe tereta koje se koriste na tankerima za prijevoz kemikalija mogu biti centrifugalne (horizontalne ili vertikalne), te s pozitivnim deplasmanom (vijčane ili klipne). Centrifugalne pumpe imaju malu dobavnu visinu, a veliku potrošnju snage i kapaciteta. Vertikalne pumpe se dijele na visokotlačne za direktan iskrcaj na obalu, niskotlačne za dovod teret do transfer pumpi na obalu i pumpe na hidraulični pogon. Vijčane pumpe

najčešće se koriste za manje tankere, gdje su tankovi male visine. Ovisno o tipu tereta i pumpe, koriste se i različite brtvenice.

Pumpe tekućeg tereta su većinom centrifugalne pumpe jer udovoljavaju mnogim zahtjevima. Centrifugalne pumpe mogu biti pogonjene parnim turbinama, dizelskim motorima, elektromotorima ili hidromotorima. Na tankerima se sustavi ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta izvode u dvije izvedbe: pomoću pumpne stanice te pomoću uronjenih pumpi.

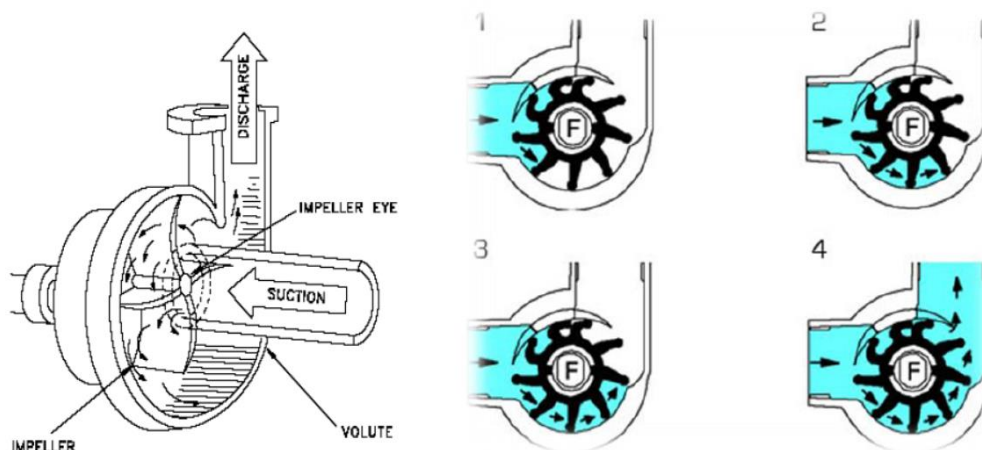
6.3.1. Uronjene pumpe

Ovakve pumpe se koriste na tankerima za prijevoz kemikalija, gotovih produkata, sirove nafte i na kombiniranim brodovima te maonama za naftu. Sustav uronjenih pumpi posebno je pogodan za tankere koji imaju veći broj tankova i prijevoz više vrsta tekućeg tereta. Kod takvog sustava ukrcaja/iskrcaja koriste se uronjene centrifugalne pumpe pogonjene hidrauličnim sustavom, koji je uronjen u sklopu s pumpom i uronjene centrifugalne pumpe pogonjene elektromotorom postavljenim na otvorenoj palubi iznad same pumpe. Zakretni moment se vratilom prenosi od elektromotora do uronjenog rotora pumpe.

Primjenom uronjenih pumpi umanjuje se potreba za dugim cjevovodima velikih promjera unutar tankova, a pumpna se satnica pojednostavljuje i smanjuje. Problem gubitka visine posisavnja i kavitacija nestaje jer su pumpe uronjene u tekućem teretu i postavljene u posebnom zdencu.

Nema potrebe za pumpama velikih kapaciteta jer se predviđa veći broj tankova manjeg volumena. Centrifugalna jednostepna uronjena pumpa tereta sastoji se od tri glavna dijela: palubne prirubnice, sloga cijevi i sklopa pumpe s ugrađenim visokotlačnim hidrauličnim motorom. Ti su dijelovi međusobno spojeni specijalnim teflonskim brtvama otpornim na kemikalije. Spojevi hidrauličnih tlačnih i povratnih linija su izvedeni palubnim prirubnicama, u što su uključeni i različiti kontrolni uređaji za lokalnu i daljinsku kontrolu.

Sklop pumpe može biti bilo koje dužine, ovisno o tonaži tankera. Pumpa može slobodno ekspandirati prema dolje, a vertikalno je učvršćena na dnu. Za dužine veće od 7m treba ugraditi prsten za učvršćivanje na sredini.



Slika 5: Centrifugalne pumpe

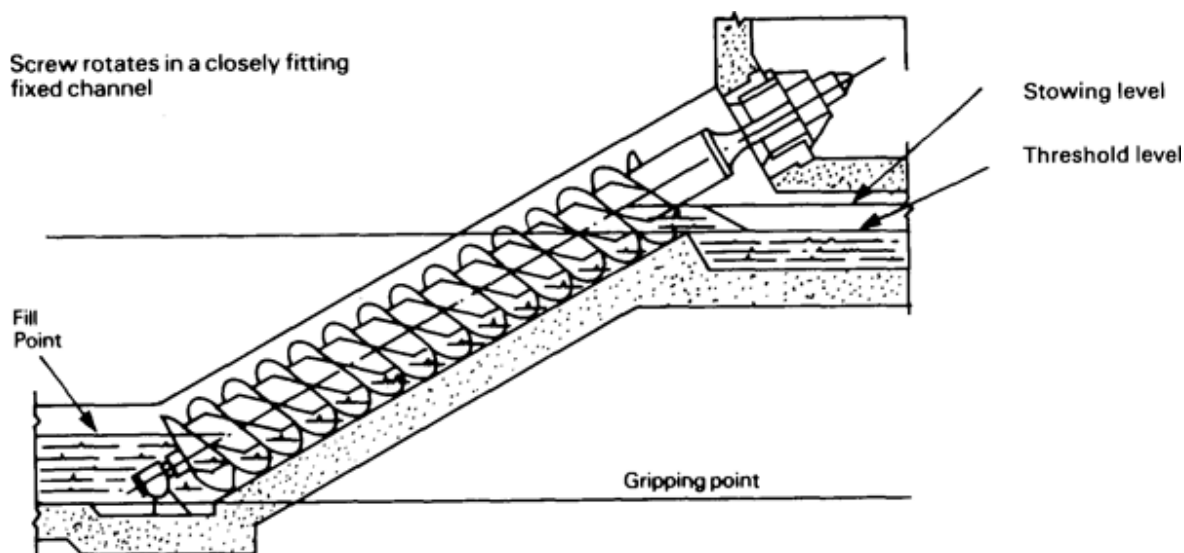
Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11.

Tehnički fakultet. Rijeka

6.3.2. Vijčane pumpe

Vijčane pumpe se mogu sastojati od 2, 3, 4 ili 5 vretena. Promjena volumena radnog prostora ostvaruje se ulaskom početka navoja jednog vratila u prostor između navoja drugog vratila.

Karakteristike ovakvog tipa pumpi su: ravnomjeran protok i tlak, tihi rad, širok raspon protoka i ravnomjeran pogonski moment. Pumpa se u pravilu koristi za niže tlakove budući da su gubici zbog zračnosti relativno veliki. Grade se za male i veoma velike protoke.



Slika 6. Vijčana pumpa

Izvor: <http://www.slideserve.com/miles/sveu-ili-te-u-rijeci-pomorski-fakultet-u-rijeci>

6.3.3. Hidraulični sustavi

Centralni hidraulični sistem sastoji se od pogonskog sklopa s jednom glavnom tlačnom linijom i zajedničkom povratnom linijom. Pogon je distribuiran do bilo koje komponente koju pogoni, kroz odvojeni kontrolni ventil protoka. Ventil radi kao regulator brzine, a njime se može upravljati lokalno ili daljinski preko kontrolne ploče. Preko kontrolne ploče je moguće izabrati potrebni hidraulični tlak za iskrcaj. Ovisno o broju uronjenih pumpi ili drugoj opremi koja se koristi simultano, uključit će se i odgovarajući broj pogonskih pumpi hidrauličnog sklopa.

6.3.4. Elektromotorni pogon pumpi

Elektromotorni pogon pumpi ima visoki stupanj djelovanja, potrošnju energije u skladu s trenutnim potrebama, njegovi elektromotori i generatori ne moraju biti predimenzionirani za terete velike gustoće, karakterizira ga i mekani start pumpi, odvojeno upravljanje svakom uronjenom pumpom, malo trošenje mehaničkih dijelova, precizna regulacija brzine vrtnje, te slaba pojava kavitacije.

6.3.5. Posušivanje tankova (stripping)

Ventil za posušivanje tankova se otvara nakon što se tank tereta isprazni, a glavni ventil tereta se tada zatvara. Ostatak tereta koji je zaostao u glavnoj cijevi pumpe se potiskuje inertnim plinom ili zrakom kroz cijev za posušivanje tankova u cjevovod za iskrcaj tereta na palubi. Za vrijeme postupka pražnjenja ostataka tereta iz cijevi pumpa treba nastaviti s radom sve dok se glavna cijev pumpe ne isprazni, a nakon ovog postupka količina ostatka tereta u zdencu pumpe iznosi od 12 do 50 litara, a ta je količina ovisna o izvedbi zdenca i visini montaže pumpe iznad dna zdenca.

6.4. HLAĐENJE TERETA

Prilikom prijevoza kemikalija, potrebno je hladiti teret da ne bi došlo do njegovog pregrijavanja što može uzrokovati isparavanje tereta odnosno njegovo zapaljenje. Hlađenje se vrši parno-kompresorskim rashladnim uređajima te smjesom vode i glikola.

6.5. SUSTAV ZAGRIJAVANJA TERETA

Zagrijavanje tereta na tankerima za prijevoz kemikalija se obavlja s ciljem smanjenja gubitaka u cjevovodima pri iskrcaju tekućeg tereta. Sredstvo za grijanje može biti niskotlačna zasićena para, topla voda ili vruće ulje. Grijanje se može izvoditi cijevima oblikovanim u serpentine i položenima pri samom dnu tanka tekućeg tereta ili grijačem postavljenim na palubi uz kružno protjecanje tekućeg tereta uz pomoć uronjene pumpe u tanku. Cjevovodi za grijanje tereta smiju ulaziti u tankove tekućeg tereta jedino preko pokrova tankova na otvorenoj palubi te se spuštati okomito u tank.

7. MJERENJE TERETA I KOMPATIBILNOST

7.1. MJERENJE TERETA

Postoje četiri vrste uređaja za mjerenje tereta:

- 1) otvoreni uređaj koji se postavlja na otvor iznad tanka, te se izlaže djelovanju tereta i isparavanja,
- 2) ograničeni uređaj koji se spušta u tankove i kada je uključen, dozvoljava malim količinama tereta da dođe u dodir s atmosferom,
- 3) zatvoreni uređaj koji je dio zatvorenog sistema i ne uključuje nikakvo spuštanje tereta,
- 4) indirektan uređaj koji je neovisan o tanku i upotrebljava se za indirektno mjerenje količine tereta.

Potrebno je mjeriti teret iz nekoliko razloga: operativne potrebe kontrole ukrcaja i iskrcaja, automatsko upozoravanje, automatske regulacije i upravljanje te automatske zaštite. Za lokalno mjerenje se koriste neelektrične metode, a kod daljinskog se mjerenja koriste isključivo električni signali. Odgovarajuća mjerenja služe za različite terete, a najčešće se mjere temperature, tlak, težine i razina tereta te protok. Temperatura je vrlo važan pokazatelj, pogotovo ako postoji velika razlika između temperature tereta i tanka. Kako bi se tank stabilizirao na procesu ukrcaja/iskrcaja potrebno je određeno vrijeme, a to najviše ovisi o veličini i debljini tanka. Kod tekućih tereta se najčešće mjeri razina u tankovima, za kontinuirano mjerenje koriste se analogni senzori koji djeluju na tlačnom, električnom, radioaktivnom, optičkom i zvučnom principu.

Mjerno alarmni sustav sastavni je dio automatizacije broda, a služi za upozoravanje posade ako dođe do poremećaja. Sustav se sastoji od davača informacija - senzora, prijenosa informacija i uređaja za generiranje, prikaz i registraciju informacija.

Prema načinu prijenosa informacija koriste se centralizirani sustavi, kod kojih je svaki senzor povezan neposredno s centralnim mjestom dok se u distribuiranom sustavu primjenjuju mikroprocesorske stanice locirane u blizini senzora.

7.2. KOMPATIBILNOST TERETA

Kako bi osigurali da kemikalije koje reagiraju jedna s drugom ne dolaze u kontakt tijekom faze planiranja ukrcaja mora se poduzeti velika pažnja. Planiranje se obavlja na obali, a zapovjednik broda ili prvi časnik provjeravaju plan tereta prije početka ukrcaja. Kako bi se izbjeglo miješanje nekompatibilnih tereta *US Cost Guard* propisao je pravila za prijevoz kemikalija.

Visoka temperatura može biti izazvana miješanjem nekompatibilnih tereta. Na taj se način mogu stvoriti i opasni plinovi što u konačnici može dovesti do eksplozije i trovanja. Porast temperature za više od 25 °C ili pojava plina prilikom miješanja dvije tvari smatra se kao opasna reakcija. U slučaju da reakcija nije praćena stvaranjem plina ili porastom temperature, produkt i dalje može biti toksičniji ili zapaljiviji od polaznih tvari.

Provjeru nekompatibilnosti možemo vidjeti u tablici kompatibilnosti gdje su tvari svrstane u dvije grupe: grupu „reaktivnih tereta“ i „grupu običnih tereta“. Reaktivna grupa sadrži tvari koje su kemijski najreaktivnije.

Opasna kombinacija može nastupiti između kemikalija reaktivnih grupa i između kemikalija reaktivne grupe i grupe običnih tereta. Grupa običnih tereta sadrži tvari koje su mnogo manje reaktivne. Budući da tvari grupe običnih tereta ne reagiraju opasno između sebe, opasne kombinacije mogu nastupiti jedino s kemikalijama reaktivne grupe. Tvari grupe običnih tereta ne reagiraju opasno između sebe.

7.3. TABLICE KOMPATIBILNOSTI

Različite su tablice kompatibilnosti, ali najviše se primjenjuju USCG – tekući tereti vodič za kompatibilnost kemikalija. Opasne reakcije se definira kao mješavinu koja povećava temperaturu za više od 25°C ili uzrokuje razvijanje plinova.

Za skupinu dviju kemikalija prvo se u obzir uzima abecedni popis, a zatim se ide u tablicu kompatibilnosti, nesigurna kombinacija će se pokazati s „X“, a skupine slova od „A“ do „I“ će pokazati reaktivnost i odstupanja.

CARGO COMPATIBILITY	RELATIVE GROUPS	1. NON-OXIDIZING MINERAL ACIDS	2. SULFURIC ACID	3. NITRIC ACID	4. ORGANIC ACIDS	5. CAUSTICS	6. AMMONIA	7. ALIPHATIC AMINES	8. ALKANOLAMINES	9. AROMATIC AMINES	10. AMIDES	11. ORGANIC ANHYDRIDES	12. ISOCYANATES	13. VINYL ACETATE	14. ACRYLATES	15. SUBSTITUTED ALLYLS	16. ALKYLENE OXIDES	17. EPICHLOROHYDRIN	18. KETONES	19. ALDEHYDES	20. ALCOHOLS, GLYCOLS	21. PHENOLS, CRESOLS	22. CAPROLACTAM SOLUTION
CARGO GROUPS																							
1. NON-OXIDIZING MINERAL ACIDS		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		A	E			1
2. SULFURIC ACID		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		2
3. NITRIC ACID			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			3
4. ORGANIC ACIDS			X			X	X	X	X	C		X				X	X			F			4
5. CAUSTICS		X	X	X	X							X	X			X	X		X	X	X		5
6. AMMONIA		X	X	X	X							X	X	X		X	X		X				6
7. ALIPHATIC AMINES		X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		7
8. ALKANOLAMINES		X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	B	X			8
9. AROMATIC AMINES		X	X	X	C							X	X						X				9
10. AMIDES		X	X	X			X														X		10
11. ORGANIC ANHYDRIDES		X	X	X		X	X	X	X	X													11
12. ISOCYANATES		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					D				X		X	12
13. VINYL ACETATE		X	X	X			X	X															13
14. ACRYLATES			X	X				X	X														14
15. SUBSTITUTED ALLYLS			X	X				X	X			D											15
16. ALKYLENE OXIDES		X	X	X	X	X	X	X	X														16
17. EPICHLOROHYDRIN		X	X	X	X	X	X	X	X														17
18. KETONES			X	X				X	B														18
19. ALDEHYDES		A	X	X		X	X	X	X	X													19
20. ALCOHOLS, GLYCOLS		E	X	X	F	X		X				X											20
21. PHENOLS, CRESOLS			X	X		X	X			X													21
22. CAPROLACTAM SOLUTION			X			X	X					X											22

Tablica 1. Tablica kompatibilnosti

Izvor:

http://www.orcbs.msu.edu/chemical/resources_links/chemical_compatibility/compatibility_table.pdf

Oni tereti koji na brodu moraju biti odijeljeni odjeljuju se koferdamom, praznim tankom i teretom koji je s oba tereta kompatibilan. Ne smiju se krcati zajedničkim pumpnim ili ventilacijskim sistemom.

U slučaju puknuća pregrade i kontaminacije tereta može se dogoditi eksplozija a može doći i do skrutnjavanja tereta kojeg je nemoguće iskrcati.

8. PRANJE TANKOVA TERETA

U prošlosti, kada su se počeli prevoziti tekući tereti nije se razmišljalo o pranju tankova jer se obično prevezio teret istog sadržaja i iste kakvoće. Kada se uvidjelo da i takvi tereti ostavljaju naslage (sedimente) u tankovima tereta, počelo se razmišljati kako taj talog odstraniti kako bi se ukrcalo što je više moguće tereta.

Procedura čišćenja se odvijala na način da su ljudi ulazili u tankove s maskama u koje se upumpavao zrak i lopatama se dizalo blato u kantama i bacalo u more. Povećanjem broskog prostora takav način čišćenja je bio nemoguć i spor pa se došlo na ideju da se primjeni pranje morem, a parnim stapnim pumpama se sve to bacalo natrag u more. Povećanjem tankova i daljnjim razvojem i dalje se pralo ručno s gumenim crijevima, ali sa toplim morem i sve se to bacalo u jedan tank koji se drenirao i na taj se način počelo u određenoj mjeri brinuti o ekologiji i zaštiti mora i priobalja.

Razvojem sustava pranja došlo se do spoznaje da je ručno pranje neadekvatno i teško pa je izumljen uređaj nazvan *Butter Aparatus*, koji se pod pritiskom tlaka mora okretao, a svojim mlazom udarao u stjenke tanka i na taj način prao ostatke tereta. Kasnije se taj aparat usavršavao i povećavao svoju ekonomičnost. *Butter Aparatus* se i danas koristi u raznim i sličnim sustavima. U današnje doba, pored prijenosnih takozvanih buttera, postoje i fiksni butter aparati čija je primjena ista osim što se prijenosni moraju spuštati ručno na pojedine visine (faze pranja), dok se fiksni butteri programiraju tako da mogu „udarati“ na sve strane pod željenim kutom, a i svaka sekvenca pranja može biti duga koliko je potrebno. Kad se govori o prijenosnim butterima onda se govori o pranju tankova pri otvorenoj atmosferi i sa količinom kisika u tankovima koja nije bila regulirana, a niti se mogla kontrolirati.

Takvim složenim ručnim načinom pranja najprije se uvidjelo da strujanjem mora kroz crijevo postoji opasnost od statičkog elektriciteta koji može izazvati eksploziju, pa se onda pristupilo izradi gumenih crijeva sa uzdužnom električnom provodljivom žicom koja je bila spojena na butter i na priključak mora preko svoje matice. Pojavljivanjem nesreća prišlo se daljnjem unaprjeđenju sustava pranja te su ugrađeni fiksni butteri kojih može biti i nekoliko komada u jednom tanku, a atmosfera je bila zatvorena pa kasnije i inertirana tako da postotak kisika u tanku nije smio prelaziti više od 8%.

Sustav pranja tankova na brodovima koji prevoze kemikalije temelji se na pranju tankova morem i ispiranjem slatkom vodom. Za način na koji se tankovi peru postoji niz uputa i teorija što zavisi o teretu koji se prevozi. Neke terete nije moguće prevoziti ako se tankovi ne operu, zatim tretiraju kemikalijama, a nakon toga pare parom iz kotla kao ne bi bilo nikakve kontaminacije klorida na stjenkama tanka. Iz tog razloga se vrši i posebno ispitivanje na kloride zbog sigurnosti i zaštite tereta kojeg se ukrcava na brod.

Za prijevoz kemikalija tankovi tereta moraju biti čisti odnosno bez korozije. O teretima koji će se prevoziti zavisi kakav brod brodar želi imati. Proizvođač mora dati listu tereta na koje je boja otporna i temperaturu na koju se pojedini tereti mogu grijati bez obzira koja se boja koristi za bojanje tankova tereta. Danas postoji više vrsta proizvođača boje od kojih je američka boja Marin Line na prvom mjestu i otporna je na preko 140 vrsta tereta, a čak je otporna na neke terete na koje nije otporan ni SUS 616L materijal.

9. SUSTAV INERTNOG PLINA

Kako bi se brod i posada zaštitili od neželjenih posljedica eksplozije broda došlo se na ideju da se prostor za vrijeme pranja tanka, za vrijeme prevoženja tereta kao i praznog broda drži pod kontrolom kako prostor ne bi sadržavao veći postotak od 8% kisika. To se postiglo sustavom inertnog plina.

Inertni plin je plin koji sadrži malu količinu kisika koja ne podržava gorenje hidrona, odnosno onaj plin koji ne sadrži više od 8% kisika. Sustav inertnog plina je posebno dizajniran sustav koji snabdijeva tankove plinom koji je hladan, čist i sa povišenim tlakom, a kontroliran je i praćen uređajem koji nadgleda sustav.

Kako bi se čovjek mogao spustiti u tank radi pregleda, čišćenja i popravaka moraju postojati uvjeti čiste atmosfere koja je suprotna od inertnog plina. Svaki ulazak u tank prostor mora biti najprije dobro ventiliran i ispitan na eksplozivnost i sadržaj kisika u tanku budući da sam sustav dovodi i do rizika.

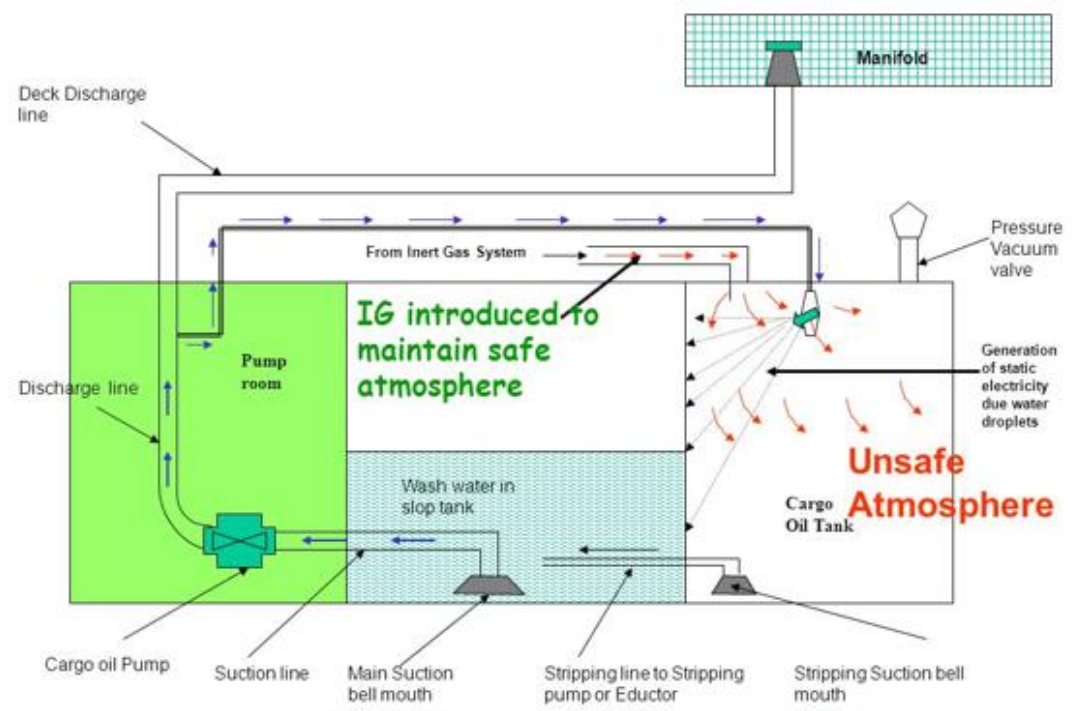
Vrsta izbora sustava inertnog plina zavisi o cijeni, održavanju, vrsti tereta koji će se prevoziti.



Slika 7. Uređaj za proizvodnju inertnog plina

Izvor: <http://www.slideserve.com/miles/sveu-ili-te-u-rijeci-pomorski-fakultet-u-rijeci>

Prijevoz kemikalija ostvaruje se zatvorenim sustavom tankova, a volumen iznad tereta mora biti inertiran. Danas se takvi tereti inertiraju dušikom N₂ koji se proizvodi na brodu, a pored toga postoje i boce s dušikom pod tlakom 220 bara, sadržaja cca 12 litara koji se ekspandira i pokriva površinu tereta u tankovima. Sve su veći zahtjevi tako da se i sam tank prije ukrcaja mora inertirati dušikom. Brod dolazi na terminal inertiran, i u takvom stanju ukrcava teret i prevozi ga do iskrcajne luke. Za vrijeme puta ako u kojem slučaju padne tlak inerta, onda se inertnim generatorom tankovi nadopunjuju ili se dušik nadopunjava iz skladišnih boca. Samo inertiranje se može obaviti i na terminalu prije ukrcaja tereta, zatim slijedi nadopuna iz boca dušika za vrijeme putovanja, a na iskrcaju se ponovno spaja na terminal koji upuhuje dušik u tank i cijelo vrijeme iskrcaja zadržava atmosferu inertnom. Nakon pranja tankovi su posušeni i izventilirani kako bi čovjek mogao ući u tank i posušiti cijeli tank krpama, uz prethodno dreniranje svih cijevi i pumpi koje su u tanku. Nakon toga se tank zatvara, inertira do momenta dok se ne počne ispuštati plin na PV-ventilima. Obično trebaju 3-4 izmjene dušika da bi se sa sigurnošću utvrdilo da je razina kisika pala ispod 8%, a što opet ovisi o teretu koji se prevozi. Nakon formalnosti i uzimanja uzoraka atmosfere u tankovima započne se ukrcaj – tzv. ukrcaj jedne noge (engl. *One Foot*) nakon čega se uzima uzorak i analizira je li teret kontaminirao sa vodom ili nekim drugim sadržajem te da li je promijenio boju, što može biti uzrokovano korozijom u tankovima ili kontaminacijom prethodnog tereta. Nakon takve analize i zapečaćenih uzoraka nastavi se krcanje do potrebne količine i uzimaju se ponovno uzorci koji se pečate i brod napušta luku ukrcaja. Na iskrcaju se ponavlja sva procedura: uzima se uzorak tereta provjerava se kakvoća i promjena boje nakon čega započinje iskrcaj. Iskrcaj zavisno o terminalu biva konstantno inertiran ili se iskrcaj vrši na način da se atmosfera popunjava s zrakom preko PV ventila.



Slika 8. Prikaz postupka inertiranja i pranje tankova tereta

Izvor: <http://slideplayer.com/slide/5262260/>

9.1. IZVORI INERTNOG PLINA

Postoji nekoliko inertnih plinova. Plinovi poput Helija i Argona su zabranjeni, a i skupi. Dušik i ugljikov-dioksid su također skupi, pa se upotrebljavaju samo u posebne svrhe kao za prijevoz posebnih kemikalija, inertiranje posebnih cjevovoda ili prostora oko pojedinih tankova, uglavnom u manjim količinama.

Budući da se danas dušik koristi na kemijskim tankerima bez obzira na cijenu proizvodnje mnogi su brodovi ugradili pogon za proizvodnju dušika na samom brodu. Veliki tankeri koriste najrasprostranjeniji sistem inertiranja, upotrebu ispušnih plinova kotlova i ispušnih plinova pogonskih i pomoćnih motora za proizvodnju inertnog plina. Ispušni plinovi kotlova su najrasprostranjeniji jer se ispušni plin motora mora dodatno dorađivati kako bi se smanjio postotak kisika u samom plinu, pa onda to i poskupljuje proizvodnju istog. Postoje tri izvora inertnog plina:

- ispuh iz pogonskih i pomoćnih motora,
- kotlovi, i
- gas generator.

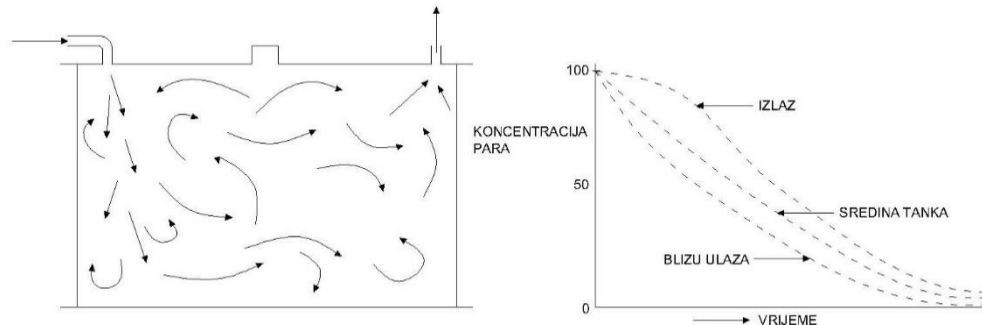
Mali postotak kisika moguće je proizvesti u specijalnim generatorima pogonjenim lakim dizel gorivom, a koriste se na kemijskim tankerima i u međuprostoru između tankova i oplata na tankerima za prijevoz plina. Iako bilo koja mješavina sa manjim postotkom kisika od 11.5% ne podržava gorenje zbog sigurnosti ta se granica spustila na 8%. tank se uvijek mora držati u pozitivnom tlaku koji je normalno do 1500mm stupca vode.

Kako bi se držali pod kontrolom ugljikovodici u tanku, prije ukrcaja tereta vršimo purgiranje tanka inertnim plinom i na taj način atmosferu dovodimo u bezopasno stanje za eksploziju.

9.2. ZAMJENA PLINOVA

Kod zamjene plinova važno je na koji način ćemo vršiti zamjenu plina kako bi tank bio bezopasan kako ne bi došlo do pogodne atmosfere za eksploziju. Imaju dva načina zamjene plina:

- 1) razrjeđivanje ili miješanje koje se provodi tako da se svježi zrak dovodi sa vrha tanka, a brzina zraka mora biti tolika da čisti zrak može doprijeti do dna tanka,



Slika 9. Inertiranje tanka miješanjem

Izvor: Inert gas system, IMO, London, 1990.

- 2) zamjena ili potiskivanje koje se koristi gdje je barijera između težeg i lakšeg plina stabilna i ako se upuhuje teži plin onda se on upuhuje također sa palube, ali sa malom brzinom tako da lagani plin izlazi preko purging linije smještene na dnu tanka.

Da bi sustav radio uredno treba stalno održavati količinu kisika u dozvoljenoj granici, održavati nadtlak u tanku koji ne smije pasti ispod 100 mm stupca vode te održavati nivo u PV breakeru.

Neke od prednosti urednog održavanja plina su smanjeno vrijeme iskrcaja tereta, lakše čišćenje tankova i reducirana količina kisika smanjuje koroziju.

9.3. KOMPONENTE SUSTAVA INERTNOG PLINA

Postoji nekoliko komponenti sustava inertnog plina:

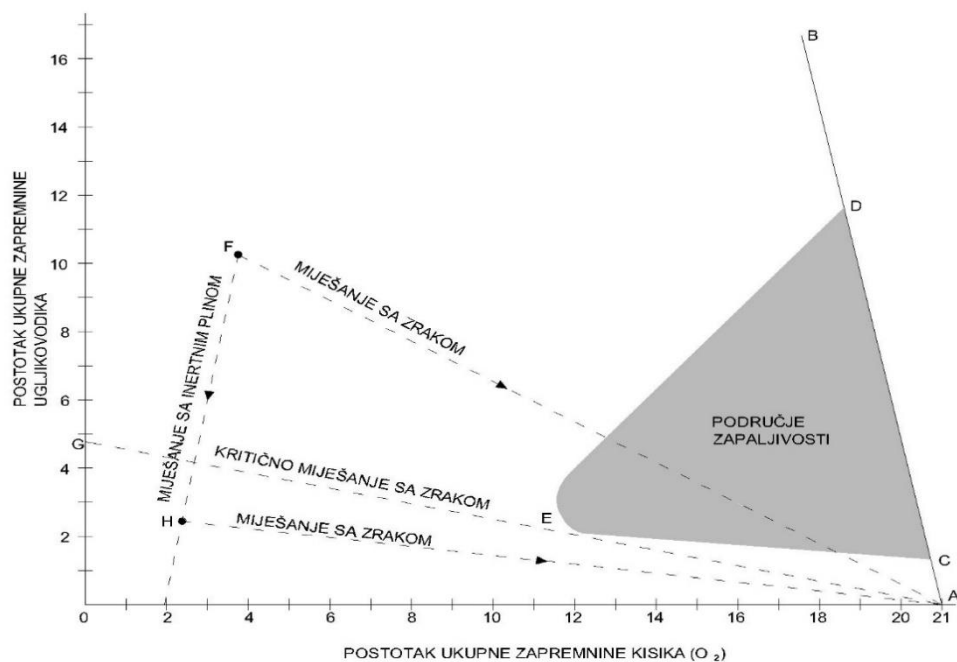
- 1) Zaporni ventil iza kotla (*uptake valve* na kotlu) služi za automatsko otvaranje i propuštanje plinova u sistem iza kotla kad plin dosegne valjanu vrijednost.
- 2) Prečistač (engl. *Scrubber*) - plin prolazi kroz *Scrubber* preko *uptake* ventila. Plin ulazi s donje strane preko vodene barijere nakon čega prolazi kroz skup vodenog spreja, tako da biva hlađen i očišćen prije ulaska u *Demister* (odstranjivač kapljica vode). Voda za hlađenje se dovodi posebnom pumpom mora tako da se sadržaj sumpora reducira za 90% i plin je čist od čestica ugljika. Kako bi se ovaj uređaj zaštitio od agresivnog SO₂ *Scrubber* je presvučen gumom, a ostali dijelovi su izrađeni od prokroma. U sam *Scrubber* ugrađena su tri alarma: visoki nivo alarm koji gasi pogon, alarm za niski nivo vode u scrubberu i alarm za vrlo nizak nivo kojeg isto gasi pogon.
- 3) Dva ventilatora koja uvijek moraju imati pojedinačno dovoljno kapaciteta (25% više) da održavaju nadtlak u tankovima kod upotrebe svih pumpa sa maksimalnim rate kapacitetom iskrcaja tereta. Alarmi koji zaustavljaju sistem su visoka temperatura plina iza ventilatora, niski tlak u scrubberu i greška ventilatora.
- 4) Recirkulacijski / regulacijski ventil (engl. *Recirculating And Regulating Valve*) - Ovaj ventil služi za održavanje konstantnog tlaka plina u tankovima i u slučaju povišenog tlaka sam se automatski zatvara prema tanku, a u isto vrijeme drugi ventil simultano pušta plinove u atmosferu.
- 5) Monitor kisika prati sadržaj kisika u plinu i ako iz bilo kojeg razloga taj postotak prijeđe 8% automatski se zatvara ventil prema tanku, a otvara se ventil ispusta u atmosferu.
- 6) Palubna vodena brtva (engl. *Deck Water Seal*) vrlo je važan dio sustava koji je smješten na palubi, a kroz čiju vodenu barijeru još jednom prolaze plinovi prije ulaska u tankove. Ova barijera koja se stalno napaja morem koje stalno odlazi van broda preko preljeva, služi da se plinovi ne bi iz tanka vratili u sistem inertnog plina kad isti ne radi. Brtva je dizajnirana tako da povratni vodeni stupac ne dozvoljava da se plin koji može imat tlak i

do 1500mm VS ne može vratiti u strojarnicu. Ovaj sklop je također iznutra premazan, obložen gumenim premazom kako bi se zaštitio od SO₂.

- 7) Palubni izolacijski ventil (engl. *Deck Insulating Valve*) služi da bi pored palubne vodene brtve mogli pregraditi cjevovod palube i sustava IGS-a u strojarnici.
- 8) Palubni vodeni PV ventil služi na palubi kao posljednja zaštita, a bazira se na vodenom stupcu tako da u slučaju povećanja tlaka u tanku ili tankovima iznad dozvoljenog od 1500mmVS ili podtlaka od 300mmVS voda biva istisnuta ili usisana tako da komunikacija između tankova bude direktna bez ikakve zapreke.

DIJAGRAM ZAPALJIVOSTI

Uvođenjem inertnog plina, donja granica eksplozivnosti raste, gornja granica eksplozivnosti se snizuje pa se uslijed toga smanjuje eksplozivni prostor.



Slika 10. Dijagram zapaljivosti

Izvor: Inert gas system, IMO, London, 1990.

Smjesa atmosferskog zraka i ugljikovodika je prikazana linijom AB i pokazuje kako koncentracija kisika opada kad raste koncentracija ugljikovodika. Sa Slike 1. je vidljivo da se uvođenjem inertnog plina smanjuje područje zapaljivosti sve dok razina kisika ne dosegne granicu od oko 11% ukupne zapremnine, na kojoj niti jedna smjesa ne može gorjeti. Često se uzima granica od 8% kao dodatna sigurnost. Točke C i D predstavljaju donju i gornju granicu zapaljivosti. Ispod točke C imamo manje od 2% ugljikovodika što je nedovoljno za gorenje. Iznad točke D smjesa je prebogata za izgaranje. Povećanjem koncentracije inertnog plina se mijenjaju granice zapaljivosti, što je prikazano pravcima CE i DE, koji se na kraju sijeku u točki E. Samo one smjese, koje se nalaze unutar zasjenjenog područja mogu gorjeti.

Da bi se odredilo stanje smjese para ugljikovodika, zraka i inertnog plina, potrebno je izmjeriti sadržaj ugljikovodika i sadržaj kisika. Tek kad su te dvije vrijednosti poznate, može se odrediti da li je smjesa zapaljiva, presiromašna, prebogata ili inertna. U dijagramu zapaljivosti mogu se lako pratiti promjene do kojih dolazi prilikom raznih operacija sa inertnim plinom. Korisnost dijagrama zapaljivosti najbolje će se demonstrirati na sljedećem primjeru.

U tanku je izmjerena koncentracija ugljikovodika i kisika prikazana točkom F u dijagramu zapaljivosti. Ukoliko se želi ući u tank zbog nekih radova, potrebno je ventilirati tank, uvođenjem atmosferskog zraka. Međutim, ako se u tank ubaci atmosferski zrak A, koncentracija ugljikovodika i kisika će se mijenjati po pravcu FA. Vidimo da linija FA prolazi kroz zasjenjeno područje, što nam govori da tada imamo zapaljivu smjesu u tanku.

Da bi se izbjegla opasnost od eksplozije, potrebno je najprije inertirati tank. Inertiranje je prikazano pravcem FH. Kad se spusti koncentracija ugljikovodika ispod 2% ukupne zapremnine (točka H), može se izvesti sigurno oslobađanje plinova (uvođenjem zraka), što je prikazano pravcem HA. Iz ovog primjera se može zaključiti da su potencijalno opasne sve smjese koje se nalaze iznad pravca GA.

10. OPERACIJA UKRCAJA I ISKRCAJA

Postupak ukrcaja i iskrcaja tankera za prijevoz kemikalija obavlja se spajanjem cijevi ili prekrcajnih ruku, koje povezuju terminal i krajeve sustava teretnih vodova na tankeru. To se obavlja tako da tekućina protječe bez curenja ili gubitaka. Operacija s teretom mora biti pod stalnim nadzorom radi sprječavanja kapanja, curenja, izlivanja i drugih oblika onečišćenja.

Najčešći uzroci onečišćenja su neispravnost opreme, propusti i nedosljednosti pri izvedbi uređaja na tankeru ili terminalu, ljudska pogreška te nedovoljna uvježbanost ili usklađenost osoblja. U svrhu sprječavanja onečišćenja moraju se poduzeti sve razborite i uobičajene zaštitne mjere. Valja pripremiti i plan akcije za slučaj izvanrednih i nepredvidivih okolnosti ili događaja. Trebaju se provoditi vježbe kako bi se otkrile moguće slabosti. Svaka osoba na tankeru i na terminalu koja na bilo koji način sudjeluje u operacijama ukrcaja ili iskrcaja mora biti svjesna potrebe i važnosti da se spriječi svako onečišćenje. Svi sudionici operacija moraju se strogo i dosljedno pridržavati zajedničkog plana operacija. Među njima valja osigurati pouzdanu vezu.

Prije početka protoka tereta, odgovorne osobe na tankeru i na terminalu moraju provjeriti sve okolnosti koje se odnose na pripremu prekrcajne operacije. Svi sudionici operacija moraju biti spremni i uvježbani za poduzimanje neposredne akcije u slučaju nepredviđenog istjecanja tereta, a sva oprema zbog čije bi neispravnosti moglo doći do istjecanja tereta mora se redovito testirati.

10.1. UVJETI ZA PRIVEZ TANKERA

Položaj za privez broda moraju biti takvi da isključe ili umanje opasan utjecaj otvorenog mora, jačih struja ili drugih čimbenika na tanker, što bi moglo otežavati njegov privez ili prouzročiti prekomjerno pomicanje broda na vezu.

Mjesto za privez mora imati dovoljno uporišta za postavljanje vezova i dovoljno bokobrana, kako bi se spriječilo prekomjerno pomicanje privezanog broda i štete koje mogu proizaći na taj način.

10.2. UREĐAJI ZA RUKOVANJE TERETOM

Izvedba i materijali prekrcajnih ruku moraju biti primjereni teretu s kojim se rukuje, prilagođeni mjesnim meteorološkim uvjetima i spremni podnijeti sva udarna opterećenja kojima se izlažu pri ukrcaju i iskrcaju tankera. Njihove radne mogućnosti i izvedba moraju biti u skladu sa zahtjevima i odlukama mjerodavnih tijela vlasti.

U slučaju prekomjernog pomicanja tankera na vezu, mora postojati uređaj za uzbunu koji upozorava na granična odstupanja kako bi osoblje odmah obustavilo protok tereta i odvojilo prekrcajne cijevi od spojeva na tankeru.

Kada se rukovanje teretom obavlja savitljivim cijevima, tijekom operacija treba posebnim samaricama, dizalicama ili drugim sredstvima pridržavati te cijevi. Potrebno je poduzeti potrebne mjere kako bi se spriječilo njihovo oštećivanje, probijanje ili kidanje nastalo kao posljedica vibracija, naprezanja, tlaka, trenja, glodanja o rub palube, o pregrade ili druge zapreke na palubi. Svaka prekrcajna ruka ili cijev mora imati posudu za prikupljanje iskapalog tereta ili drugu napravu za sprječavanje istjecanja ostataka tereta prije spajanja ili nakon odvajanja ruke ili cijevi. Prekrcajne ruke s vlastitim ventilima i spojnicama moraju se povremeno podvrgavati hidrauličkom testu, a cijevi hidrauličkom testu, vakumskom testu i testu rastezanja.

10.3. PREPORUKE ZA RUKOVANJE TERETOM

Većina brodskih kompanija imaju pripremljene vlastite operativne i sigurnosne priručnike na *Chamber of Shipping (ICS) Tanker Safety Guide for Oil Tankers and Terminals* (ISGOTT). ISGOT sadržava indeks kemijskih imena, uključujući i sinonime, informacije o teretu iz podataka za najčešće kemikalije. Provjere su uobičajene kako bi se osigurala ispravna procedura rukovanja s teretom.

11. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA

Osim odgovarajuće opreme i sredstava za gašenje protupožarna zaštita podrazumijeva i zaštitu posade na brodu kako bi bili u stanju adekvatno i efikasno koristiti sredstva koja su im na raspolaganju. Poduzimanje svih potrebnih sigurnosnih mjera da se on uopće ni ne dogodi je najbolja obrana od požara. Kada ima dovoljno vremena i kada nema opasnosti vrši se održavanje i testiranje uređaja za prevenciju i zaštitu. Vrlo je bitno provoditi i vježbe budući da posada mora biti u stanju brzo reagirati na pojavu požara, odnosno alarma.

Na otvorenim prostorima jedini mogući tip fiksnih protupožarnih uređaja je sustav vodenog spreja srednje brzine koji je smješten oko ukrcajno/iskrcajne rampe. Ručni ventil treba postojati uz svaki automatski sustav tako da svatko tko primijeti požar može ručno aktivirati sprej s vodom. U zatvorenim prostorima ugrađeni su stabilni protupožarni sustavi s odgovarajućim sredstvom za gašenje požara. Ti sustavi su ugljični dioksid, pjena, suhi prah i halon. Iako djeluje ohlađujuće sustav vodenog spreja se ne koristi u zatvorenim prostorima jer u tim prostorima izaziva zračenje topline. Svi prostori u kojima postoji opasnost od pojave pare ili plina, a nisu često nadgledani od strane posade, moraju imati ugrađen sustav za otkrivanje požara. Kod izbora detektora požara, valja voditi računa o utjecaju ventilacijskog sustava na sam detektor.

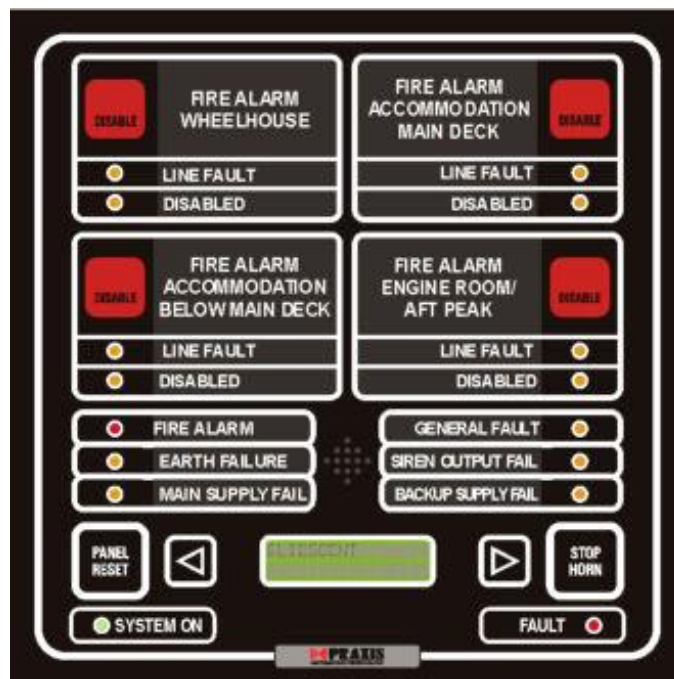
Zbog jake ventilacije vrijeme aktiviranja detektora može biti znatno produženo. Detektori dima bilo na optičkom ili ionizirajućem principu reagiraju sa zakašnjenjem, ukoliko se brzom izmjenom zraka, ventilacijom dim razrjeđuje.

Različiti su tipovi požara koji mogu nastati na brodu: može doći do zapaljenja namještaja i opreme, dizel goriva, električne oprema, odjeće posade te brodske kuhinje. Namještaj i oprema se mogu gasiti s vodom pod tlakom, dok se za gašenje dizel goriva koriste se aparati s pjenom, a može se nastaviti halonom i suhim prahom. Za požare električnih instalacija smiju se upotrijebiti jedino aparati s ugljičnim dioksidom ili halon, a voda se nikako ne smije upotrijebiti. Izvor opasnosti od požara je statički elektricitet koji može čak dovesti do eksplozije prilikom rukovanja petrokemijskim i kemijskim proizvodima.

Mogući izvori statičkog elektriciteta su postupci s parom zbog toga što kapljice vode u mlazu pare postaju elektrostatički nabijene, ugljični dioksid i protok tekućine kroz cijevi, tekućina koja struji kroz cijev postaje statički nabijena, uglavnom pozitivno, s obzirom na cijev.

S obzirom na proceduru, u svakom požaru posada mora postupiti na slijedeći način:

- zaustaviti dotok zapaljive tvari
- gdje je moguće, upotrijebiti vodu za hlađenje opreme koja je ugrožena plamenom
- kad god je to moguće pristupiti vatri s privjetrinske strane
- pristupiti gašenju požara nakon izvršene izolacije požara
- ne usmjeravati mlaz vode direktno na površinu tekućine koja gori
- sve mlaznice na cijevima i monitorima trebaju biti tipa mlaz/sprej



Slika 11. Brodski protupožarni sistem

Izvor: <http://www.nauticexpo.com/prod/praxis-automation-technology/product-31485-261785.html>

12. ZAŠTITA ZDRAVLJA POSADE I SIGURNOSNA OPREMA

Trovanje je najveća opasnost koja prijeti posadi na kemijskim tankerima iz razloga što je velik broj kemikalija koje se prevoze otrovan. Trovanje je stanje kada se kod osobe pojave nagli i neočekivani znakovi, koji odstupaju od normalnog ponašanja zdravog čovjeka.

Postoji nekoliko načina na koje štetne tvari mogu ući u organizam: udisanjem, gutanjem i ulaskom kroz kožu i sluznice.

Za vrijeme pregleda otrovane osobe potrebno je obratiti pažnju na opći izgled, temperaturu, tlak i puls, promatrati zjenice, ritam disanja, promjene na koži i pojavu grčeva po tijelu.

12.1. MAKSIMALNO DOPUŠTENE KONCENTRACIJE PLINOVA, PARA I PRAŠINE

Maksimalna dopuštena koncentracija – MDK (engl. *Threshold Limit Values - TLV*) je stupanj zagađenosti atmosfere plinovima, parama, dimom i prašinom, a određena je standardnim kemijskim metodama i opremom koja ne smije uzrokovat oštećenje zdravlja ljudi.

TLV se izražava:

- za plinove i pare, težinski mg/m³ ili volumski cm/m³
- ppm - za otrovne prašine, dimove i magle u mg/m³ zraka
- za mineralne prašine u mg/m³ ili brojem čestica u kubnom centimetru zraka

12.2. ŠTETNE TVARI PREMA NAČINU DJELOVANJA NA ORGANIZAM

Različite štetne tvari različito djeluju na ljudski organizam. Prema načinu djelovanja na ljudski organizam štetne tvari se dijele se na:

- 1) Iritante koji uzrokuju podražaj u dišnim organima. Simptomi su kihanje, kašljanje, suzenje očiju.
- 2) Asfiktante koji otežavaju oksidacijske procese u tkivima što rezultira nemogućnošću prihvatanja kisika. Zbog pomanjkanja kisika u krvi osoba osjeća glavobolju, vrtoglavicu te gubi svijest.
- 3) Anestetike čijim udisanjem dolazi do djelovanja na moždane stanice, što može dovesti do gubitka svijesti.
- 4) Sustavne otrove u koje se ubrajaju većina kloriranih ugljikovodika koji oštećuju važne organe. Benzen Toluen i Ksilen oštećuju naročito krvni sustav.

Pri manipulaciji se kemikalijama, na vidljivom mjestu mora biti izložena tablica s karakteristikama te uputama za postupak nezgode.

12.3. KONTROLIRANJE ATMOSFERE PROSTORA I OSOBNA ZAŠTITA

Vrlo je važno da na brodovima za prijevoz kemikalija postoje mjerni instrumenti za utvrđivanje zapaljivosti i kvalitete zraka iz razloga što ovi brodovi prevoze opasne, toksične i lako zapaljive terete. Ti instrumenti mogu biti fiksni ili prijenosni.

Atmosfera tankova se provjerava kad se ulazi sa ili bez dišne aparature i zaštitne odjeće, prilikom postupka čišćenja od zagađenog plina, kontrole kvalitete tereta i kontrole prisustva plina u tankovima, prije ulaska u suhi dok. Zbog raslojavanja paratereta u tanku, potrebno je uzimati uzorke na raznim dubinama tanka. Zatvorene prostorije su posebno opasne zbog isparavanja tereta ili mogućnosti prisustva inertnog plina.

Kako bi se spriječila nesreća potrebno je provjetravanje, provjera prisutnosti otrovnih i zapaljivih plinova i pogotovo upotreba odgovarajuće zaštitne opreme. Na osnovi izmjerenih koncentracija kisika i zapaljivih/otrovnih plinova izdaje se dozvola za ulazak u zatvorene prostore bez zaštitne opreme.

Odgovarajuća osobna zaštitna oprema mora obavezno postojati na brodu za zaštitu posade koja sudjeluje pri operacijama ukrcaja i iskrcaja. Komplet zaštitne opreme mora sadržavati samostalni aparat za disanje sa komprimiranim zrakom, zaštitnu odjeću, obuću, rukavice, nepropusne naočale, sigurnosno uže s opasačem i protueksplozijsku lampu.



Slika 12. Prijenosni detektor plinova

Izvor: http://www.draeger.com/US/en_US/products/gas_detection/portable/multi/cin_x-am_7000.jsp

15. ZAKLJUČAK

Tanker za prijevoz kemikalija su izrazito složeni brodovi, s mnogo opreme. Budući da se prevoze štetne i opasne kemikalije valja obratiti pozornost na sigurnost. Konvencije i propisi vrlo rigorozno prate razvoj brodova za prijevoz kemikalija imajući u fokusu zaštitu morskog okoliša i zdravlje posade. Svi brodovi moraju se pridržavati međunarodnih konvencija, međutim za svaki tip broda postoje i posebni propisi u sklopu tih konvencija. Tako su za brodove za prijevoz kemikalija posebno važne SOLAS i MARPOL konvencija.

Kako se prevozi opasan teret sa posebnim svojstvima, SOLAS konvencija se morala pobrinuti kako ne bi došlo do incidenata tijekom prijevoza, odnosno ugrožavanja sigurnosti plovidbe, broda i ljudi na moru.

Cilj MARPOL konvencije, s druge strane, je zaštita okoliša, odnosno zaštititi mora i oceane od izlivanja opasnih tvari koje se prevoze ovim brodovima. Uz osnovni tekst ima i šest priloga, a na brodove za prijevoz kemikalija odnosi se Prilog II (Pravila za kontrolu onečišćenja tekućim tvarima koje se prevoze tankerima). Prema kriterijima opasnosti opasne tekuće tvari razvrstavaju se i u četiri kategorije: kategoriju X (A), kategoriju Y (B), kategoriju Z (C) te kategoriju ostalih supstanci (D).

Brodovi za prijevoz kemikalija moraju imati i posebnu konstrukciju i opremu koja mora biti usklađena s opasnostima koji dolaze s prijevozom takvog tereta. Prema ICB razlikujemo tri tipa brodova za prijevoz kemikalija koji su podijeljeni prema opasnosti tereta koji prevoze: brodove tipa I, brodove tipa II i brodove tipa III. Prema propisima za gradnju postoje dva sistema: GESAMP sistem koji se odnosi na zagađivanje mora zbog pranja tankova te NAS sistem. Njime su procijenjene opasnosti požara, opasnosti za zdravlje, zagađivanje vode te reaktivnost.

Na brodovima za prijevoz kemikalija postoje i razni sustavi rukovanja teretom. Sustavi cjevovoda tereta moraju biti konstruirani na način da se otkloni rizik kontaminacije dva odvojena tanka te da se olakša čišćenje i omogućiti istovremeni iskrcaj iz više tankova. Pregled prijenosnih cijevi prije upotrebe tlačnim testom je reguliran IMO propisom. IMO propisi također određuju i raspored ventila. Pumpe tereta koje se koriste na tankerima za prijevoz kemikalija mogu biti centrifugalne (horizontalne ili vertikalne), te s pozitivnim depglasmanom (vijčane ili klipne). Postoje još i hidraulični sustavi koji se sastoje od pogonskog sklopa s jednom glavnim tlačnom linijom i zajedničkom povratnom linijom. Prilikom prijevoza kemikalija potrebno je grijati i hladiti teret, pa tako su na brodu sustavi

za grijanje i hlađenje tereta. Grijanje tereta na tankerima za prijevoz kemikalija obavlja se s ciljem smanjenja gubitaka u cjevovodima pri iskrcaju tekućeg tereta dok je njegovo hlađenje potrebno da ne bi došlo do pregrijavanja tereta što može uzrokovati isparavanje odnosno njegovo zapaljenje.

Iz razloga što se prevoze razne kemikalije od kojih svaka ima svoja posebna svojstva potrebno je obratiti pozornost na kompatibilnost tereta. Kako bi osigurali da kemikalije koje reagiraju jedna s drugom ne dolaze u kontakt tijekom faze planiranja ukrcaja mora se poduzeti velika pažnja. Provjeru nekompatibilnosti možemo vidjeti u tablici kompatibilnosti gdje su tvari svrstane u dvije grupe: grupu „reaktivnih tereta“ i „grupu običnih tereta“. Reaktivna grupa sadrži tvari koje su kemijski najreaktivnije. Opasna kombinacija može nastupiti između kemikalija reaktivnih grupa i između kemikalija reaktivne grupe i grupe običnih tereta.

Sustavom inertnog plina se postigla sigurnost posade i broda od neželjenih posljedica eksplozije broda za vrijeme pranja tanka i prevoženja tereta. Prostor se mora držati pod kontrolom iz razloga da ne bi sadržavao veći postotak od 8% kisika. Sustav inertnog plina je posebno dizajniran sustav koji snabdijeva tankove plinom koji je hladan, čist i sa povišenim tlakom, a kontroliran je i praćen uređajem koji nadgleda sustav.

Na brodovima za prijevoz kemikalija potrebno je izuzetno znanje posade te njihova pripremljenost u radu, a posebno u izvanrednim situacijama kao što su požar te izbijanje štetnih tvari u okolinu. Osim odgovarajuće opreme i sredstava za gašenje protupožarna zaštita podrazumijeva i zaštitu posade na brodu kako bi bili u stanju adekvatno i efikasno koristiti sredstva koja su im na raspolaganju. Vrlo je bitno provoditi vježbe budući da posada mora biti u stanju brzo reagirati na pojavu požara, odnosno alarma. Zbog različitih tipova požara koji mogu izbiti na brodu postoje različiti aparati i sustavi te načini gašenja požara.

Kako bi se spriječilo izbijanje raznih štetnih plinova, para, prašine i drugih štetnih tvari koje mogu utjecati na zdravlje posade bitno je da na brodovima za prijevoz kemikalija postoje mjerni instrumenti za utvrđivanje zapaljivosti i kvalitete zraka. Također, kako bi se spriječila veća koncentracija plinova, u slučaju njihovog izbijanja, vrlo je važno i provjetravanje prostorija u koje ulazi posada. Na brodu mora postojati i odgovarajuća osobna zaštitna oprema mora za zaštitu posade koja sudjeluje pri operacijama ukrcaja i iskrcaja.

16. LITERATURA

- [1] Capt. Igor Drinković: „Chemical Tanker Handbook for Master and Deck Officers“, Rijeka 2005.
- [2] Dragan Martinović, Predrag Stanković. „Sustav inertnog plina – međunarodni propisi, dobivanje, svojstva i primjena“, Visoka pomorska škola Rijeka, 2001.
- [3] Fakultet strojarstva i brodogradnje (2004). Baza korozijskih oštećenja.
URL: <http://www.fsb.hr/korozija/prva.php?p=pretrazivanje>
- [4] Grupa autora: „Prijevoz kemijskim tankerima – sigurnost i zaštita okoliša“, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka 1997.
- [5] International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, 2006 Edition
- [6]) International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT), 5th Edition
- [7] Stanković, P. Propisi koji se odnose na sigurnost plovidbe tankera i sprječavanje onečišćenja. Rijeka: Visoka pomorska škola Rijeka, 1999.
- [8] Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

Internet izvori

- [1] http://www.adv-polymer.com/marine/studies/Cargo_Tank_Coatings.pdf
- [2] <http://www.brighthub.com/engineering/marine/articles/45340.aspx>
- [3] http://www.classnk.or.jp/hp/Publications/Publications_image/TheOutlineofChemicalTanker3
- [4] <http://www.eduvizija.hr/portal/lekcija/7-razred-kemija-svojstva-tvari>
- [5] http://www.ktf-split.hr/bib/tehnoloski_procesi_organske_industrije_1_dio.pdf
- [6] http://www.oxy.com/Our_Businesses/chemicals/Documents/ethylene_dichloride
- [7] http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/katedra3/Brodski_sustavi

17. POPIS SLIKA

Slika 1. Brod za prijevoz kemikalija	11
Slika 2. Smještaj tankova tereta ovisno o tipu broda.....	12
Slika 3. Plan kemijskog tankera	17
Slika 4. Cjevovodi	19
Slika 5. Centrifugalne pumpe	21
Slika 6. Vijčana pumpa.....	22
Slika 7. Uređaj za proizvodnju inertnog plina	29
Slika 8. Prikaz postupka inertiranja i pranje tankova tereta	31
Slika 9. Inertiranje tanka miješanjem	32
Slika 10. Dijagram zapaljivosti	34
Slika 11. Brodski protupožarni sistem.....	39
Slika 12. Prijenosni detektor plinova.....	42

18. POPIS TABLICA

Tablica 1. Tablica kompatibilnosti	26
--	----